จำนวน 2 เล่ม

รายงานการวิจัย

การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อย สำหรับอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนัก

Study on proper ratio of rice husk ash to sawdust ash for hollow non-load-bearing concrete masonry unit

วิจิตร พรมสุวรรณ
วาซินีย์ หลำเบ็นสะ

รายงานวิจัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
โปรแกรมวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
2555

ใบรับรองการวิจัยสิ่งแวดล้อม

โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)

เรื่อง การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยสำหรับอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนัก

Study on proper ratio of rice husk ash to sawdust ash for hollow non-load-bearing concrete masonry unit

ผู้วิจัย นายวิจิตร พรมสุวรรณ รหัส 504273042

นางสาววาซินีย์ หลำเบ็นสะ รหัส 504273051

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

คณะกรรมการที่ปรึกษา

.....ประธานกรรมการ

(นางสาวนัดดา โปดำ)

.....กรรมการ

(นางสาวหิรัญวดี สุวิบูรณ์)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ

(ผศ.ขวัญกมล ขุนพิทักษ์)

.....กรรมการ

(นายกมลนาวิน อินทนูจิตร)

.....กรรมการ

(นางสาวนัดดา โปดำ)

.....กรรมการ

(นางสาวหิรัญวดี สุวิบูรณ์)

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา รับรองแล้ว

.....

(ดร.พิพัฒน์ ลิมปนะพิทยาธร)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

177684
29 ต.ค. 2556
620.14
ว 328 ร
ฉ. 2

ชื่องานวิจัย	การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยสำหรับอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนัก
ผู้วิจัย	1. นายวิจิตร พรมสุวรรณ 2. นางสาววาซินีย์ หลำเบ็นสะ
วิทยาศาสตรบัณฑิต	วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม)
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	อาจารย์นัดดา โปดำ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์หิรัญวดี สุวิบูรณ์

บทคัดย่อ

งานวิจัยเล่มนี้เป็นการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยสำหรับอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนัก ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เป็นการศึกษาที่ได้นำเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยเข้ามาผสมในอิฐบล็อก กำหนดอัตราส่วนที่เหมาะสม คือ 1: 0.5: 1: 1.83 โดยมีความแตกต่างในส่วนของเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อย ซึ่งแบ่งเป็น 5 ชุดการทดลอง คือ 1.83: 0.00, 1.37: 0.46, 0.915: 0.915, 0.46: 1.37 และ0.00: 1.83 ตามลำดับ โดยทำการทดสอบประสิทธิภาพ 4 วิธี คือ กำลังต้านแรงอัด การดูดกลืนน้ำ ความชื้น และการเปลี่ยนแปลงความยาว พบว่า กำลังต้านแรงอัดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.11, 3.69, 4.89, 5.74 และ8.95 เมกะพาสคาล ตามลำดับ การดูดกลืนน้ำมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 33.67, 30.05, 25.05, 17.04 และ11.59 ตามลำดับ ความชื้นมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 7.89, 6.17, 5.24, 4.64 และ3.13 ตามลำดับ และการเปลี่ยนแปลงความยาวมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 0.043, 0.051, 0.051, 0.085 และ0.111 ตามลำดับ

เมื่อนำผลการการทดสอบประสิทธิภาพ 5 ชุดการทดลองมาเปรียบเทียบมาตรฐาน มอก.58-2533 เรื่อง คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด คือ ชุดการทดลองที่ 3(ปูนซีเมนต์: ทราย: น้ำ: เถ้าแกลบ: เถ้าขี้เลื่อย (1: 0.5: 1: 0.915: 0.915) เนื่องจากผลการทดสอบประสิทธิภาพกำลังต้านแรงอัด การดูดกลืนน้ำ ความชื้น และการเปลี่ยนแปลงความยาว มีค่าใกล้เคียงค่ามาตรฐาน มอก.58-2533 เรื่อง คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักมากที่สุด และยังมีคุณสมบัติเป็นไปตามลักษณะของอิฐบล็อกที่ต้องการ

Research Title	Study on proper ratio of rice husk ash to sawdust ash for hollow non-load-bearing concrete masonry unit
Researcher	1. Mr.Vijit Promsuwan 2. Ms.Wazini Lambensa
Bachelor of Sciences	Environmental Sciences (Environmental Technology)
Major Advisor	Ms.Nadda Podam
Co-Advisor	Ms.Hirunwadee Suviboon

Abstract

This research is a study on optimum ratio of rice husk ash to sawdust ash for producing non load bearing blocks; whereby, both materials are residuals from agricultural activities. In this study, rice husk ash and sawdust ash were mixed into the concrete block components having determined optimum ratio of 1 : 0.5 : 1 : 1.83. Different ratio of rice husk ash to sawdust ash were controlled by dividing into five experiment sets i.e. 1.83 : 0.00, 1.37 : 0.46, 0.915 : 0.915, 0.46 : 1.37 and 0.00 : 1.83, respectively. Four concrete performance tests, which were compression test, water absorption test, moisture test and length change test were carried out. It was found that average compressive strengths were 3.11, 3.69, 4.89, 5.74 and 8.95 MPa, respectively. Average water absorption percentages were 33.67, 30.05, 25.05, 17.04 and 11.59, respectively. Average moisture percentages were 7.89, 6.17, 5.24, 4.64 and 3.13, respectively. The average length change percentages were 0.043, 0.051, 0.051, 0.085 and 0.111, respectively.

When comparing the testing result of five experiment sets to TIS.58-2533, standard of non load bearing concrete blocks, it was found that the optimum ratio was one from the third experiment set with cement : sand : water : rice husk ash : sawdust ash of (1 : 0.5 : 1 : 0.915 : 0.915) since the values from compression test, water absorption test, moisture test and length change test were closest to TIS.58-2533, standard of non load bearing concrete blocks, wherein the properties also met the requirements of desired concrete blocks.

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ผู้เขียนใคร่ขอขอบพระคุณ อาจารย์นัดดา โปดำ และอาจารย์หิรัญวดี สุวิบูรณ์ ที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำ และแนวทางการแก้ไขปัญหาในระหว่างการทำวิจัยฉบับนี้จนประสบความสำเร็จ และใคร่ขอขอบพระคุณอาจารย์ขวัญกมล ขุนพิทักษ์ อาจารย์สุชีวรรณ ยอยรู้รอบ และอาจารย์กมลนาวิน อินทนูจิตร ตลอดจนอาจารย์ทุกท่านที่ถ่ายทอดวิชาความรู้ ข้อคิดต่างๆ รวมทั้งข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ และช่วยตรวจทานงานวิจัยฉบับนี้จนสำเร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณนายสอแหละ บางูสัน นักวิทยาศาสตร์ และเจ้าหน้าที่ประจำศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลาทุกท่าน และขอขอบพระคุณนายไฝสอน เบ็ญอาหลี และพี่พนักงานร้าน พี-เอส ทุกท่าน ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์และอำนวยความสะดวกในการทำวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณเพื่อนนักศึกษาโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ ด้วยดีมาตลอด และขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ที่อุปถัมภ์กำลังทรัพย์ ให้คำปรึกษาและเป็นกำลังใจในการทำวิจัยฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

วิจิตร พรมสุวรรณ

วาซินีย์ หลำเบ็นสะ

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

พฤศจิกายน 2555

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ ก

Abstract ข

กิตติกรรมประกาศ ค

สารบัญ ง

สารบัญตาราง จ

สารบัญภาพ ช

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย 1

1.2 วัตถุประสงค์ 2

1.3 ตัวแปร 2

1.4 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย 2

1.5 สมมติฐาน 3

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

1.7 ระยะเวลาที่ทำการวิจัย 3

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประเภทและความหมาย 4

2.2 คุณสมบัติของอิฐบล็อก 5

2.3 ทฤษฎีวัสดุของอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนัก 8

2.4 การบ่มคอนกรีต 17

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับอิฐบล็อก 17

บทที่ 3 วิธีการวิจัย

3.1 พื้นที่ศึกษา 20

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ 20

3.3 การกำหนดอัตราส่วนผสมอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อย 21

3.4 วิธีการผสมและการขึ้นรูปอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อย 21

3.5 ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพ 22

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร SAKON NAKHON RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการศึกษา

4.1 ผลการทดสอบกำลังต้านแรงอัดของอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อย 27

4.2 ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อย 28

4.3 ผลการทดสอบความชื้นของอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อย 29

4.4 ผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงความยาวของอิฐบล็อกผสมเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยไม่รับน้ำหนัก 31

4.5 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของชุดการทดลอง 5 ชุด โดยใช้มาตรฐาน มอก.58-2533 เรื่อง คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก 32

บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลและอภิปรายผล 34

5.2 ข้อเสนอแนะ 35

บรรณานุกรม 36

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ภาพการทดลองและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 38

ภาคผนวก ข แบบเสนอโครงการวิจัย 40

ภาคผนวก ค ประวัติผู้วิจัย 69

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ความต้านทานแรงอัด	7
2.2	ความชื้น (เฉพาะคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักประเภทควบคุมความชื้น)	7
2.3	องค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์	11
2.4	องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าแกลบ	15
2.5	องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าขี้เลื่อยไม้ยางพารา	17
3.1	อัตราส่วนสำหรับอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยในสัดส่วนปูนซีเมนต์: ทราย: น้ำ: (เถ้าแกลบ: เถ้าขี้เลื่อย) เท่ากับ 1: 0.5: 1: (1.83) ที่ใช้ในการทดลอง	21
4.1	การกำหนดอัตราส่วนผสมอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อย	26
4.2	กำลังต้านแรงอัดของอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยของแต่ละชุดการทดลอง	27
4.3	ค่าการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อย	28
4.4	ค่าความชื้นของอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยของแต่ละชุดการทดลอง	30
4.5	ค่าการเปลี่ยนแปลงความยาวของอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยของแต่ละชุดการทดลอง	31
4.6	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของชุดการทดลอง 5 ชุด โดยใช้มาตรฐาน มอก.58-2533 เรื่อง คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก	33

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
4.1	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังต้านแรงอัดของอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยของแต่ละชุดการทดลอง	27
4.2	ความสัมพันธ์ระหว่างการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยของแต่ละชุดการทดลอง	29
4.3	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นของอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยของแต่ละชุดการทดลอง	30
4.4	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการเปลี่ยนแปลงความยาวของอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยของแต่ละชุดการทดลอง	32

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

คอนกรีตนับเป็นวัสดุก่อสร้างที่ได้รับความนิยมในประเทศไทย แต่จากสภาพเศรษฐกิจที่ถดถอยอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี พ.ศ.2540 ทำให้แนวทางในการผลิตคอนกรีตเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมอย่างชัดเจน โดยเปลี่ยนจากการผลิตคอนกรีตที่ใช้ปูนเป็นวัสดุประสานเพียงอย่างเดียวมาเป็นการใช้วัสดุผสมทดแทนปูนซีเมนต์ โดยยังคงรักษาคุณภาพของคอนกรีตไว้ตามมาตรฐาน และวัสดุที่นำมาผสมนั้นจะต้องมีส่วนช่วยปรับปรุงคุณภาพของคอนกรีตให้ได้คุณสมบัติเป็นไปตามมาตรฐาน มอก.58-2533 (บุรฉัตร ฉัตรวีระ, 2545) จากการศึกษาถึงวัสดุในปัจจุบันนั้นได้มีการประยุกต์ใช้เส้นใยธรรมชาติ มาใช้เป็นเส้นใยเสริมแรงในวัสดุ เนื่องจากเส้นใยธรรมชาติมีองค์ประกอบทางเคมีหลายชนิด (ศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง, อุปวิทย์ สุวคันธกุล และสุดใจ เหง้าสีไพร, 2550) จึงเหมาะสำหรับการนำมาพัฒนาทำเป็นวัสดุปอซโซลาน วัสดุปอซโซลานมีสารจำพวกซิลิกาและอลูมินาปนอยู่ เมื่อนำวัสดุดังกล่าวไปเป็นตัวประสานในขั้นตอนการผลิตปูนซีเมนต์ด้วยอัตราส่วนที่เหมาะสม สารเหล่านี้จะทำปฏิกิริยาเพิ่มเติมกับปฏิกิริยาไฮเดรชัน ทำให้ปูนซีเมนต์มีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น เมื่อนำปูนซีเมนต์ไปใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง ไม่ว่าจะเป็นปูนก่อ ปูนฉาบ หรือนำไปแทนที่ปูนซีเมนต์เพื่อผลิตเป็นคอนกรีต นอกจากจะช่วยลดต้นทุน และเพิ่มประสิทธิภาพของปูนซีเมนต์แล้ว ยังช่วยลดปัญหาผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม (สำเริง รักซ้อน ออนไลน์)

ปัจจุบันวัสดุเหลือทิ้งภาคการเกษตรและอุตสาหกรรมมีหลายชนิด เช่น เถ้าแกลบและเถ้าขี้เลื่อย ซึ่งพบว่าเถ้าแกลบเป็นวัสดุที่มีปริมาณซิลิกาสูง (silica) ประมาณ 86.9-97% (ประชุม คำพุฒ, 2553) เถ้าแกลบมีคุณสมบัติเป็นวัสดุปอซโซลานตามมาตรฐาน ASTMC618-94a โดยจัดอยู่ใน Class N (บุรฉัตร ฉัตรวีระ และณรงค์ศักดิ์ มากุล, 2547) เถ้าแกลบละเอียดมีการทำปฏิกิริยาปอซโซลานิกสูง และสามารถใช้เป็นวัสดุซีเมนต์ในคอนกรีตได้ (บุรฉัตร ฉัตรวีระ และวัชรากร วงศ์คำจันทร์, 2544) จากการศึกษาสมบัติทางเคมีของเถ้าขี้เลื่อยไม้ยางพารา พบว่า มีแคลเซียมออกไซด์ (CaO) สูงเท่ากับปูนซีเมนต์ซึ่งการที่มีสารแคลเซียมออกไซด์สูง เมื่อนำเถ้าขี้เลื่อยไม้ยางพาราไปผสมกับคอนกรีตที่ผสมเถ้าลอย เถ้าขี้เลื่อยไม้ยางพารามีความละเอียดสูงสามารถใช้เป็นวัสดุปอซโซลาน เพื่อทดแทนซีเมนต์ในอัตราส่วนร้อยละ10 ซึ่งส่วนผสมดังกล่าวจะสามารถ

รับแรงอัดได้ใกล้เคียงกับคอนกรีตทั่วไป และเถ้าขี้เลื่อยจะช่วยพัฒนากำลังอัดของวัสดุที่อายุมากขึ้นด้วย (สราวุธ เทศศิริ, 2550)

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงเกิดแนวความคิดที่จะศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเถ้าแกลบผสมกับเถ้าขี้เลื่อย โดยศึกษาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมระหว่างเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยสำหรับทำอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก และเป็นการเสริมแนวความคิดในการดึงประโยชน์ของทรัพยากรธรรมชาติมาใช้ให้คุ้มค่ามากที่สุด อัตราส่วนที่ใช้ดังกล่าวมีลักษณะและคุณสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.58-2533

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยสำหรับทำอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนัก
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยในการทำอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนัก

1.3 ตัวแปร

ตัวแปรต้น : อัตราส่วนระหว่างเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อย

ตัวแปรตาม : กำลังต้านแรงอัด การดูดกลืนน้ำ ความชื้น และการเปลี่ยนแปลงความยาว

ตัวแปรควบคุม : ปริมาณปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ทราย และน้ำ

1.4 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

ขี้เลื่อย หมายถึง ผงไม้ที่เกิดจากการตัดไม้ด้วยเลื่อยหรือเกิดจากการขัดไม้ด้วยกระดาษทรายหรือเครื่องขัด โดยอาจนำไปบดให้ละเอียดก่อนนำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์ (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2547)

เถ้าแกลบ หมายถึง แกลบจากโรงสีข้าวที่ผ่านการเผาไหม้จนเป็นเถ้าที่มีสีเทาหรือสีดำ (บุระฉัตร ฉัตรวีระ, 2547)

คอนกรีตบล็อก หรือ อิฐบล็อก หมายถึง ก้อนคอนกรีตทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ น้ำ วัสดุผสมที่เหมาะสมชนิดต่างๆ และจะมีสารอื่นผสมอยู่ด้วยอื่นหรือไม่ก็ได้ สำหรับก่อ

ผนังหรือกำแพง มีรูหรือโพรงขนาดใหญ่ทะลุตลอดก้อน และมีพื้นที่หน้าตัดสุทธิที่ระนาบขนานกับผิวธารน้อยกว่าร้อยละ75 ของพื้นที่หน้าตัดรวมที่ระนาบเดียวกัน (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.58-2533)

คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก (hollow non-load-bearing concrete masonry unit) หมายถึง คอนกรีตบล็อกใช้สำหรับผนังที่ออกแบบไม่รับน้ำหนักบรรทุกใดๆ นอกจากน้ำหนักตัวเอง (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.58-2533)

อิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อย คือ ก้อนคอนกรีตทำจากปูนซีเมนต์ ทราย น้ำ และที่มีส่วนผสมของเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยในอัตราส่วนที่เหมาะสม ใช้สำหรับก่อผนังหรือกำแพงที่ออกแบบไม่รับน้ำหนักบรรทุกใดๆ นอกจากน้ำหนักตัวเอง

1.5 สมมติฐาน

อิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยมีประสิทธิภาพได้มาตรฐาน มอก.58-2533 เรื่อง คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบกระบวนการผลิตอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อย
2. เป็นแนวทางในการศึกษาค้นคว้าการทำอิฐบล็อกจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและเป็นการเพิ่มมูลค่าให้เกษตรกรมีรายได้มากขึ้น
3. พัฒนาผลิตภัณฑ์ด้านวัสดุในงานก่อสร้างที่ช่วยประหยัดพลังงาน
4. ช่วยลดปัจจัยเสี่ยงและชะลอการเกิดสภาวะโลกร้อน

1.7 ระยะเวลาที่ทำการวิจัย

มิถุนายน 2555 – กันยายน 2555

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประเภทและความหมายของอิฐบล็อก

2.1.1 คอนกรีตบล็อก หรือ อิฐบล็อก (Concrete Block) ทำจากส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์กับทราย ซึ่งนิยมใช้ในงานก่อสร้างเช่นเดียวกับอิฐมอญ เนื่องจากมีราคาถูก และก่อสร้างได้รวดเร็ว ข้อเสียคือไม่ค่อยแข็งแรง ส่วนคอนกรีตบล็อกทำจากส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์กับหิน และทราย เป็นวัสดุก่อสร้างประเภทวัสดุก่อ สำหรับการก่อสร้างผนังอาคารทั่วไปที่ได้รับความนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศ โดยมีลักษณะเป็นก้อนสี่เหลี่ยมขนาดโดยประมาณ 20 x 40 ซม. หนาระหว่าง 7 – 20 ซม. คอนกรีตบล็อกที่ทำการผลิตนั้นสามารถที่จะเลือกใช้ได้ทั้ง 2 ประเภท คือ

1. คอนกรีตบล็อกชนิดที่รับน้ำหนัก คือ คอนกรีตบล็อกแบบชนิดรับน้ำหนักจะมีลักษณะเป็นแท่งผิวเรียบ มีรูตรงกลางในแนวตั้ง

2. คอนกรีตบล็อกชนิดที่ไม่รับน้ำหนัก คือ คอนกรีตบล็อกแบบที่ไม่รับน้ำหนัก หรือที่เรียกว่า Screen Block จะเป็นบล็อกที่มีลักษณะเป็นลวดลาย เมื่อทำการก่อแล้วสามารถที่จะเกิดเป็นลวดลายหรือให้แดดลมผ่านได้ นิยมเรียกเป็นภาษาชาวบ้านทั่วไปว่า “บล็อกช่องลม”

2.1.2 อิฐมอญ หรืออิฐก่อสร้างสามัญ หรืออิฐมาตรฐาน เป็นอิฐที่เกิดจากการนำวัตถุดิบหลายชนิดมาผสมเข้าด้วยกัน เช่น ดินเหนียว ทราย และเชื้อเพลิงต่างๆ เช่น ฟืนหรือแกลบ จากนั้นทำการขึ้นรูปโดยการปั้นเป็นก้อน หรือการใช้เครื่องจักรในการผลิต จากนั้นทำการเผาอิฐ ซึ่งโดยทั่วไปจะนิยมใช้แกลบในการเผา เนื่องจากใช้ระยะเวลาน้อยกว่า

2.1.3 คอนกรีตมวลเบาหรืออิฐมวลเบา เป็นวัสดุก่ออีกชนิดหนึ่ง ซึ่งกำลังเป็นที่นิยมใช้ในงานก่อสร้าง เนื่องจากมีคุณสมบัติเด่นในเรื่องของวัสดุที่สามารถที่จะใช้งานได้ดีในสภาวะสภาพอากาศที่รุนแรง มีน้ำหนักเบาทำให้สามารถประหยัดขนาดของโครงสร้าง และมีคุณสมบัติเป็นฉนวนป้องกันความร้อนได้ดี โดยผลิตมาจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย ยิปซั่ม ผสมกับน้ำ และผงอลูมิเนียม

2.1.4 อิฐประสานหรืออิฐดินซีเมนต์ อิฐประสานเป็นอิฐที่มีชื่อเรียกอีกหลายชื่อ ได้แก่ อิฐบล็อกประสาน อิฐดินซีเมนต์ อิฐคงทอง และอิฐดินแดง เป็นต้น เนื่องจากมีผู้ผลิตสินค้าประเภทดังกล่าวอยู่หลายราย และอยู่ในระหว่างการพัฒนาในเรื่องของรูปแบบและคุณสมบัติ จึงมีขนาดและรูปร่างที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งรูปแบบจะมีลักษณะคล้ายกับอิฐก่อทั่วไป แต่จะมีขนาดใหญ่กว่ามาก

เนื่องจากใช้เป็นระบบผนังในการรับน้ำหนัก (Bearing Wall) ซึ่งมีลักษณะแตกต่างต่างกันกับอิฐก่อโดยทั่วไป โดยวัตถุดิบที่นิยมนำมาใช้ในการผลิต ได้แก่ ปูนซีเมนต์ หินฝุ่น ทราย และดินลูกรัง

2.2 คุณสมบัติของอิฐบล็อก

2.2.1 คุณสมบัติคอนกรีตสด (Fresh concrete)

คุณสมบัติคอนกรีตสดจะมีผลโดยตรงกับคุณสมบัติของคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว ดังนั้นคุณสมบัติของคอนกรีตสดที่ต้องการ ได้แก่ ความสม่ำเสมอของส่วนผสม ความง่ายในการลำเลียงและขนส่ง การทำงานที่สะดวก โดยที่สามารถเทลงแบบและอัดแน่นได้ง่าย โดยไม่เกิดการแยกตัว คุณสมบัติของคอนกรีตสดขึ้นอยู่กับส่วนผสมของคอนกรีต ได้แก่ ปริมาณน้ำ อัตราส่วนผสม คุณสมบัติของมวลรวม ชนิดของปูนซีเมนต์และสารผสมเพิ่ม นอกจากนี้คุณสมบัติของคอนกรีตสดยังขึ้นอยู่กับระยะเวลาและอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ได้แก่ ความชื้น และอุณหภูมิ เป็นต้น

2.2.2 คุณสมบัติคอนกรีตเมื่อแข็งตัวแล้ว

ปฏิกิริยาไฮเดรชั่นจะทำให้คอนกรีตเริ่มก่อตัวและแข็งตัว มวลรวมและซีเมนต์เพสต์จะยึดเกาะกันแน่นขึ้น และคอนกรีตจะมีความสามารถในการรับแรงกระทำจากภายนอก กำลังรับแรงของคอนกรีตเป็นคุณสมบัติของคอนกรีตที่วิศวกรให้ความสำคัญมากที่สุด ทั้งนี้เพราะการทดสอบกำลังรับแรงทำได้ง่าย และคุณสมบัติอื่นของคอนกรีตมีความสัมพันธ์กับกำลังรับแรง คอนกรีตที่มีกำลังรับแรงดีจะมีคุณสมบัติทางด้านอื่นดีด้วย โดยทั่วไปจึงใช้กำลังรับแรงเป็นตัวชี้บ่งคุณสมบัติของคอนกรีต

2.2.2.1 กำลังอัดของคอนกรีต คุณสมบัติที่สำคัญที่สุดของคอนกรีต ก็คือคุณสมบัติในการต้านทานแรงอัด (Compressive strength) ได้สูง กำลังอัดของคอนกรีตขึ้นกับส่วนผสมของวัสดุในคอนกรีต และวิธีทำคอนกรีต เช่น การผสม การเท และการบ่มคอนกรีต ตลอดจนอายุของคอนกรีต กำลังอัดประลัยของคอนกรีต f_c' ถือเอาจากผลการทดสอบแท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอกมาตรฐานที่อายุ 28 วัน หลังจากหล่อแล้วเป็นเกณฑ์ สำหรับคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ให้กำลังสูงเร็วจะทดสอบ f_c' ที่อายุ 3 วัน

2.2.2.2 กำลังดึงของคอนกรีต คุณสมบัติของคอนกรีตในการต้านทานแรงดึง (Tension strength) นั้นต่ำมาก กำลังดึงของคอนกรีต มีค่าประมาณ 7-10 % ของ f_c' ด้วยเหตุนี้การออกแบบงานโครงสร้างคอนกรีตโดยทั่วไปจึงไม่ได้นำเอาค่ากำลังดึงของคอนกรีตมาใช้ประโยชน์ แต่จะใช้

เหล็กเสริมเข้าไปในคอนกรีตเพื่อทำหน้าที่ในการต้านทานแรงดึงที่เกิดขึ้น กำลังดึงของคอนกรีตอาจหามาได้ 3 วิธี คือ

1) ทดสอบโดยการดึงโดยตรง (Direct tension test) ข้อเสียของวิธีนี้ คือ การเยื้องศูนย์เพียงเล็กน้อย และการเกิดหน่วยแรงเฉพาะจุดของเครื่องมือ จะทำให้ผลของการทดสอบผิดพลาด

2) การทดสอบโดยการกดแท่งทรงกระบอกให้แยกผ่าซีก (Split cylinder test) เป็นวิธีที่ใช้มากที่สุด โดยการกดแท่งคอนกรีตทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 30 ซม. ให้แยกผ่าซีก

3) โมดูลัสของการแตกหัก (Modulus of rupture) ทดสอบโดยการกดให้คานคอนกรีตล้วนเกิดการแตกหัก เมื่อทราบค่าโมเมนต์ที่ทำให้เกิดการแตกหักแล้ว สามารถคำนวณหาโมดูลัสของการแตกหักได้ จากทฤษฎีของกำลังวัสดุ $f_r = \frac{Mc}{I}$

2.2.2.3 การคืบและการหดตัว

1) การคืบ (Creep) เป็นคุณสมบัติของคอนกรีตในลักษณะที่มีการเปลี่ยนรูปภายใต้น้ำหนักบรรทุกคงค้างที่คงที่เป็นเวลานานในช่วงอิลาสติก

2) การหดตัว (Shrinkage) เป็นคุณสมบัติของคอนกรีตเมื่อมีการสูญเสียน้ำ การหดตัวจะขึ้นอยู่กับลักษณะการสัมผัสของคอนกรีต (สัมผัสกับลม อากาศแห้ง หรืออากาศชื้น) เช่น การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ความชื้น และชนิดของวัสดุผสม

2.2.3 ลักษณะของอิฐบล็อกที่ต้องการ

1) ลักษณะทั่วไป คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักทุกก้อน ต้องแข็งแรง ปราศจากรอยแตกร้าว หรือส่วนเสียอื่นใดอันเป็นอุปสรรคต่อการก่อคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักอย่างถูกต้อง หรือทำให้สิ่งก่อสร้างเสียกำลัง หรือความคงทนถาวร รอยร้าวเล็กน้อยที่มักจะเกิดขึ้นในกรรมวิธีผลิตตามปกติ หรือรอยปริเล็กน้อย เนื่องจากวิธีการขนย้าย หรือขนส่งอย่างธรรมดา จะต้องไม่เป็นสาเหตุอ้างในการไม่ยอมรับ

2) คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ซึ่งต้องการฉาบปูนหรือแต่งปูนต้องมีผิวหน้าหยาบพอสมควรแก่การจับยึดของปูนฉาบหรือปูนแต่งได้อย่างดี

3) คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ซึ่งต้องการก่อแบบผิวเผย จะต้องไม่มีรอยบิ่น รอยร้าว หรือตำหนิอื่นๆ

4) ความต้านทานแรงอัดและการดูดกลืนน้ำ ของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักเมื่อส่งถึงที่ก่อสร้างดังแสดง (ตารางที่ 2.1) การทดสอบให้ปฏิบัติตาม มอก.109

5) ปริมาณความชื้น (เฉพาะคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักประเภทควบคุมความชื้น) เมื่อส่งถึงที่ก่อสร้างดังแสดง (ตารางที่ 2.2)

ตารางที่ 2.1 ความต้านทานแรงอัด

ความต้านทานแรงอัดต่ำสุด (เมกะพลาสคัล) เฉลี่ยจากพื้นที่รวม	
เฉลี่ยจากคอนกรีตบล็อก 5 ก้อน	**คอนกรีตบล็อกแต่ละก้อน**
2.5	2.0

ที่มา มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก, ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (1619), 2533

ตารางที่ 2.2 ความชื้น (เฉพาะคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักประเภทควบคุมความชื้น)

การหดตัวทางยาว (ร้อยละ) [1]	**ความชื้นสูงสุด ร้อยละของการดูดกลืนน้ำทั้งหมด (เฉลี่ยจากคอนกรีตบล็อก 5 ก้อน)**		
	ความชื้นสัมพัทธ์รายปีเฉลี่ย (ร้อยละ) [2]		
	น้อยกว่า 50	**50 ถึง 75**	**มากกว่า 75**
0.03 และ น้อยกว่า	35	40	45
มากกว่า 0.03 ถึง 0.045	30	35	40
มากกว่า 0.045	25	30	35

หมายเหตุ

1) ทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีทดสอบการหดแห้งของคอนกรีตบล็อก (ในกรณีที่ยังมิได้มีการประกาศกำหนดมาตรฐานดังกล่าวให้เป็นไปตามASTM C426) และทดสอบก่อนกำหนดจำหน่ายไม่เกิน12 เดือน

2) อาศัยสถิติตามประกาศของกรมอุตุนิยมวิทยาสำหรับสถานีที่ใกล้แหล่งผลิตมากที่สุด

ที่มา มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก, ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (1619), 2533

2.3 ทฤษฎีวัสดุของอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักที่ใช้ทดลอง

2.3.1 ปูนซีเมนต์ที่ผลิตในประเทศไทย

2.3.1.1 ปูนซีเมนต์ผสมหรือปูนซีเมนต์ซิลิกา

1) ปูนซีเมนต์ตราเสือ คือ ปูนซีเมนต์ชนิดพิเศษมีทรายประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ บดละเอียดรวมอยู่ด้วยมีคุณภาพทดสอบได้แรงตามมาตรฐานอังกฤษ (ordinary portland cement BSS 12 – 1958) ปูนซีเมนต์ตราเสือนี้ใช้ในงานที่ไม่สู้สำคัญนักไม่ยึดหดมากเมื่อทำคอนกรีต มีราคาถูก และมีแรงดีพอสมควร

2) ปูนซีเมนต์ตรางูเห่า เป็นปูนซีเมนต์ที่ผลิตขึ้นให้มีผลในทางประหยัด และเหมาะสำหรับใช้สร้างอาคาร ตึกแถว งานทำกระเบื้อง หล่อถัง หล่อท่อ เทพื้นคอนกรีต และอาคารคอนกรีตทั่ว ๆ ไป มีคุณภาพตามมาตรฐาน ASTMX340.58T และ federal specification SS – C – 208b ถุงกระดาษที่ใช้บรรจุพิมพ์ด้วยสีน้ำเงิน

3) ปูนซีเมนต์ตรานกอินทรีย์ เป็นปูนซีเมนต์ที่ผลิตขึ้นโดยใช้วัสดุจำพวกซิลิกา บดละเอียดผสมกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เมื่อใช้ทำคอนกรีตปูนก่อ หรือปูนฉาบ จะมีการยืดหดตัวน้อย การแข็งตัว ระยะแรกช้ากว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ตราเพชร แต่เมื่อแข็งตัวแล้วก็จะมีกำลังตามเกณฑ์ปกติเช่นเดียวกัน เหมาะสำหรับทำผลิตภัณฑ์คอนกรีตโดยทั่วไป และงานก่อสร้างที่ไม่เร่งรัด

2.3.1.2 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

1) ปูนซีเมนต์ตราช้าง คือ ปูนซีเมนต์ชนิดธรรมดาผลิตตามมาตรฐานอังกฤษคือ oridinary portland cement: 1058 และตามมาตรฐานอเมริกัน คือ ASTM.C.150 – 53 ใช้ในงานก่อสร้างทั่วไปตามความนิยมของผู้ออกแบบ เพราะแรงที่เกิดขึ้นโดยปูนซีเมนต์ชนิดนี้สม่ำเสมอไม่เปลี่ยนแปลง

2) ปูนซีเมนต์ตราพญานาคเศียรเดียว เป็นปูนซีเมนต์ชนิดปอร์ตแลนด์ มีคุณภาพตามมาตรฐานของอเมริกา คือ federal specification SS.C.192b และ ASTM.C. 150 – 60 และมาตรฐานอังกฤษ B.s.12: 1958 ถุงกระดาษที่ใช้บรรจุปูนซีเมนต์แบบนี้พิมพ์ด้วยสีเขียวปูนซีเมนต์ตราพญานาคเศียรเดียวนี้มีคุณภาพสูง เหมาะสำหรับงานคอนกรีตเสริมเหล็กที่ต้องการกำลังสูงๆ การใช้ปูนซีเมนต์ตรานี้ทำให้ลดค่าใช้จ่ายลง เพราะทุ่นค่าปูนซีเมนต์มากกว่าใช้ปูนซีเมนต์ตราอื่นๆ ในท้องตลาด

3) ปูนซีเมนต์ตราเพชร เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่ผลิตตามกำหนดรายการมาตรฐานอเมริกัน ASTM.C.150 type 1 เหมาะสำหรับงานคอนกรีตเสริมเหล็กที่ต้องการกำลังสูงซึ่งใช้ในการก่อสร้างทั่วไปตลอดจนการทำผลิตภัณฑ์คอนกรีตทุกชนิด

4) ปูนซีเมนต์ตราพญานาค 7 เศียร เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์มีคุณภาพเหมือนกับแบบ 1 แต่ผลิตเป็นพิเศษ โดยจะเกิดความร้อนขณะผสมต่ำกว่าชนิดอื่น (moderate - heatcement) มีคุณภาพตามมาตรฐาน ASTM.C.130 – 60 และ B.S.1370: 1958 ถุงกระดาษที่ใช้บรรจุปูนซีเมนต์แบบนี้พิมพ์ด้วยสีเขียวเช่นกัน ปูนซีเมนต์แบบนี้เหมาะสำหรับงานที่ต้องเทคอนกรีตคราวละมากๆ และกำแพงหนาๆ โดยไม่ทำให้เกิดการแตกร้าว

5) ปูนซีเมนต์ตราปลาฉลาม เป็นปูนซีเมนต์ที่ผลิตขึ้นเพื่อใช้ผสมคอนกรีต แล้วจะทำให้มีความแกร่งไม่สึกกร่อนหรือสลายตัว เมื่อคอนกรีตนี้ถูกต้องกับน้ำเกลือเหมาะสำหรับใช้เทในดินหรือในบริเวณที่มีส่วนผสมของน้ำเกลืออยู่ด้วย มีคุณภาพตามมาตรฐานของ federal specification SS.C.192 b และ ASTM.C.150 – 6 ถุงกระดาษที่ใช้บรรจุปูนซีเมนต์แบบนี้พิมพ์ด้วยสีดำ ปูนซีเมนต์แบบนี้เหมาะอย่างยิ่งสำหรับใช้ในงานคอนกรีตที่อยู่กับดินเค็ม เช่น ชายทะเล

2.3.1.3 ปูนซีเมนต์แข็งตัวเร็ว

1) ปูนซีเมนต์ตราเอราวัณ คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดแข็งตัวและรับแรงได้เร็วผลิตตามมาตรฐานอังกฤษ คือ Rapid hardening portland cement B.S. 12: 1958 และตามมาตรฐานอเมริกัน คือ ASTM.C.150 – 63 เหมาะสำหรับใช้ในงานคอนกรีตหรือปูนทรายที่จะให้รับแรงได้เร็วขึ้น ทุ่นเวลาการถอดแบบรับกำลังได้มาก

2) ปูนซีเมนต์ตราพญานาคเศียรเดียว สีแดง ชนิดแข็งตัวเร็ว เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ชนิดที่ผลิตขึ้นใช้กับคอนกรีตที่ต้องการให้แข็งตัวเร็ว และรับน้ำหนักได้เร็วกว่าปูนแบบอื่น มีคุณภาพตามมาตรฐาน ASTM.C.150 – 50 และ B.S. 12: 1958 ถุงกระดาษที่ใช้บรรจุปูนซีเมนต์แบบนี้พิมพ์ด้วยสีแดงเหมาะสำหรับใช้ในงานหล่อฐานรากที่มีน้ำซึมงานคอนกรีตที่เทในน้ำงานหล่อเข็มคอนกรีตและงานหล่อเสาไฟฟ้าสูงๆ เป็นต้น เพราะถอดแบบได้เร็วกว่าใช้ปูนซีเมนต์ชนิดอื่น

3) ปูนซีเมนต์ตราสามเพชร เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่เกิดแรงสูงเร็วผลิตตามกำหนดรายการมาตรฐานอเมริกัน ASTM.C.150 ปูนซีเมนต์ชนิดนี้มีเนื้อละเอียดกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา จึงเกิดแรงสูงเร็วกว่า เหมาะสำหรับใช้ในการก่อสร้างที่ต้องการกำลังสูงและต้องกระทำอย่างเร่งรีบ

2.3.2 ประเภทของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (Portland cement)

โดยสมาคมทดสอบวัสดุอเมริกัน (ATM.C.150) (type I-V) และสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของประเทศไทย (ม.อ.ก. 15) แบ่งปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ 5 ประเภทคือ

1. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา (Normal Portland Cement) ใช้สำหรับลักษณะงานธรรมดาที่ไม่ต้องการคุณสมบัติพิเศษ ได้แก่ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ตราช้าง ตราพญานาคสีเขียว และตราเพชรเม็ดเดียว

2. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ดัดแปลง (Modified Portland Cement) สำหรับใช้ในการทำคอนกรีตที่ต้องการลดอุณหภูมิเนื่องจากสภาพอากาศที่มีอุณหภูมิสูง งานคอนกรีตเหลา หรือผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เกิดความร้อนและทนซัลเฟตได้ปานกลาง เช่น งานสร้างเขื่อนคอนกรีต กำแพงดินหนา ๆ หรือท่อคอนกรีตขนาดใหญ่ๆ ตอม่อ ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราพญานาคเจ็ดเศียร

3. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ความแข็งแรงสูงโดยเร็ว (High-Early-Strength-Portland Cement) หรือปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ปูนซีเมนต์ให้กำลังสูงในระยะแรกมีเนื้อเป็นผงละเอียดกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา มีประโยชน์สำหรับคอนกรีตที่จะต้องใช้งานเร็ว หรือรื้อแบบได้เร็ว เช่น เสาเข็มคอนกรีต ถนน พื้น และคานที่ต้องถอดแบบเร็ว เป็นต้น ปูนประเภทนี้ ได้แก่ ปูนตราเอราวัญ ตราพญานาคสีแดง และตราสามเพชร

4. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดเกิดความร้อนต่ำ (Low-Heat Portland Cement) สามารถลดปริมาณความร้อนเนื่องจากการรวมตัวของปูนซีเมนต์กับน้ำซึ่งจะสามารถลดการขยายตัวและหดตัวของคอนกรีตภายหลังการแข็งตัว ใช้มากในการสร้างเขื่อน เนื่องจากอุณหภูมิของคอนกรีตต่ำกว่างานชนิดอื่นไม่เหมาะสำหรับโครงสร้างทั่วไปเพราะแข็งตัวช้า

5. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ชนิดทนซัลเฟตได้สูง (Sulfate-Resistant Portland Cement) ใช้ในบริเวณที่น้ำหรือดิน มีค่าด่างสูง มีระยะการแข็งตัวช้า และมีการกระทำของซัลเฟตอย่างรุนแรง ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราปลาฉลาม

2.3.3 องค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

ตารางที่ 2.3 องค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

ชื่อของสารประกอบ	ส่วนประกอบทางเคมี	ชื่อย่อ
ไตรแคลเซียม ซิลิเกต	3 CaO. SiO_2	C_3S
ไดแคลเซียม ซิลิเกต	2 CaO. SiO_2	C_2S
ไตรแคลเซียม อะลูมิเนต	3 CaO. Al_2O_3	C_3A
เตตตราแคลเซียม อะลูมิโน เฟอไรต์	4 CaO. Al_2O_3. Fe_2O_3	C_4AF

C_3S ทำให้ปูนซีเมนต์มีกำลังรับแรงได้เร็วภายใน 14 วัน

C_2S ทำให้ปูนซีเมนต์มีกำลังรับแรงได้ช้า ความร้อนเกิดขึ้นบ่อย

C_3A ทำให้ปูนซีเมนต์เกิดปฏิกิริยาเริ่มแข็งตัวเกิดความร้อนสูง มีกำลังรับแรงเร็ว

C_4AF มีผลน้อยให้ความแข็งแรงเล็กน้อยเติมเข้าไปเพื่อลดความร้อนที่เกิดขึ้น

2.3.4 ปอซโซลาน

ปอซโซลานเป็นวัสดุที่มีส่วนประกอบทางเคมีส่วนใหญ่เป็น ซิลิกา หรือซิลิกาและอะลูมินา มีสมบัติในการยึดประสานเล็กน้อยหรือไม่มีเลย แต่เมื่อบดจนเป็นผงละเอียดจะสามารถทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์หรือปูนขาวที่อุณหภูมิปกติ และเมื่อมีความชื้นแล้วเกิดเป็นสารประกอบซึ่งมีสมบัติในการยึดประสาน

ปอซโซลานเป็นวัสดุที่ถูกนำมาใช้ในการก่อสร้างมาตั้งแต่สมัยโบราณกว่า 2,000 ปีแล้ว และในปัจจุบันก็ยังเป็นที่นิยมกันอยู่ ในสมัยโบราณได้นำเอาวัสดุพวกปอซโซลาน เช่น เถ้าจากภูเขาไฟ มาผสมกับปูนขาวเพื่อผลิตเป็นปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก (hydraulic cement) มีรายงานว่าได้มีการใช้ส่วนผสมของปอซโซลาน 2 ส่วน ต่อปูนขาว 1 ส่วนมาใช้ในการก่อสร้าง โดยมีไขมัน นม และเลือดจากสัตว์ เป็นวัสดุผสมเพิ่ม เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพในการใช้งาน และสิ่งก่อสร้างที่ทำจากปอซโซลานนั้นก็ยังมีความคงทนมาจนถึงทุกวันนี้

วัสดุจำพวกปอซโซลานที่นำมาใช้ประโยชน์มีที่มาจาก 2 แหล่งได้แก่ ปอซโซลานจากธรรมชาติ (natural pozzolan) และปอซโซลานที่ได้จากขบวนการผลิต (artificial pozzolan) ปอซโซลานที่มาจากธรรมชาติ ได้แก่ ไดอะตอมมาเชียสเอิร์ธ (diatomaceous earth) เถ้าภูเขาไฟ เปลือกหอย หินภูเขาไฟ วัสดุเหล่านี้เมื่อจะนำไปใช้งานจะต้องนำไปผ่านขบวนการต่างๆ ก่อนจึงจะ

นำไปใช้งานได้ เช่น การเผา การบด และการทำให้แห้ง เป็นต้น ปัจจุบันได้มีการนำเอาปอซโซลานจากธรรมชาติไปใช้ประโยชน์ในการสร้างเขื่อน และสะพาน เพื่อช่วยลดความร้อนที่เกิดขึ้นระหว่างปฏิกิริยาของปูนซีเมนต์กับน้ำ และช่วยเพิ่มความสามารถในการทนต่อการกัดกร่อนอันเนื่องมาจากซัลเฟต และช่วยในการควบคุมปฏิกิริยาระหว่างด่างกับซิลิกา นอกจากนี้ยังมีผลพลอยได้ในการลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างอีกทางหนึ่งด้วย

2.3.5 ทราย

การใช้ประโยชน์ทรายภายในประเทศส่วนมากใช้เป็นวัสดุก่อสร้างประมาณ 80% ของประมาณการใช้ทรายทั้งหมด ที่เหลืออีกร้อยละ15 ใช้ในการอุตสาหกรรม และร้อยละ 5 เพื่อการใช้ประโยชน์อื่น คุณสมบัติของทรายเพื่อการใช้ประโยชน์ต่างๆ สามารถสรุปได้ ดังนี้

1) ทรายก่อสร้าง เป็นวัสดุประกอบที่มีประโยชน์ในงานก่อสร้างหลายๆ ด้าน ได้แก่ งานคอนกรีต งานปูนก่อ งานปูนฉาบ เป็นต้น ทรายที่มีความเหมาะสมเพื่อการก่อสร้างต้องเป็นทรายที่สะอาด มีเม็ดทรายที่แข็งทนทานต่อการสึกกร่อนและผุผัง มีมลทินหรือสารประกอบอย่างอื่นอยู่น้อยมาก โดยทั่วไปทรายที่ใช้เพื่อการก่อสร้างจะต้องมีการตรวจสอบคุณสมบัติเบื้องต้น เช่น รูปร่างของเม็ดทราย ขนาดของเม็ดทราย ลักษณะของเนื้อทรายโดยรวม การเกาะกลุ่มและการเชื่อมประสานกันของเม็ดทราย สีของทรายและการปนเปื้อนของแร่อื่นๆ เป็นต้น

2) ทรายถม ปกติทรายที่ใช้ในการถมที่มักไม่กำหนดมาตรการที่เข้มงวด ยกเว้นในงานถมที่มีลักษณะเฉพาะและพิเศษ เช่น การก่อสร้างสนามบิน และอาคารในพื้นที่ลุ่มซึ่งต้องการระบบระบายน้ำของวัตถุที่ไปถมที่

3) ทรายเพื่อใช้ในการอุตสาหกรรม จะต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติทั้งทางเคมีและฟิสิกส์เป็นอย่างมาก โดยทั่วไปคุณสมบัติเหล่านี้ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมจะเป็นผู้กำหนดทรายในอุตสาหกรรมของไทย ส่วนมากใช้ในการทำแก้วและกระจกต่างๆ นอกจากนั้นก็นำไปใช้ในการทำแบบหล่อหรือแบบพิมพ์ใช้ในการกรอง ใช้ในการขัดสีหรือขัดมัน ใช้ในการฉาบผิว ใช้ในอุตสาหกรรม ทำสี ทำอิฐ และอื่นๆ

2.3.6 น้ำสำหรับคอนกรีต

น้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตต้องสะอาด มีความขุ่นไม่เกิน 2,000 ppm. (ส่วนในล้าน) ปราศจากกรดด่าง น้ำมัน และสารอินทรีย์อื่นๆ ในปริมาณที่จะเป็นอันตรายต่อคอนกรีตหรือเหล็กเสริม โดยปกติน้ำประปาและน้ำจืดตามธรรมชาติส่วนใหญ่ ซึ่งไม่มีส่วนผสมของน้ำเสียจากอาคารบ้านเรือนหรือโรงงานอุตสาหกรรม ถือว่ามีคุณภาพดีพอสำหรับงานคอนกรีต ในกรณีที่สงสัยให้ทำแท่งทดสอบโดยใช้น้ำที่สงสัยและเปรียบเทียบกำลังอัด (ที่อายุ 7 และ8 วัน) ของก้อนลูกบาศ์กมอร์ตาร์ที่ทำจากน้ำที่มีคุณภาพดี (อาจใช้น้ำกลั่น) หากแท่งทดสอบที่ใช้น้ำที่สงสัยผสมให้กำลังอย่างน้อย 90 เปอร์เซ็นต์ ก็ถือว่าน้ำนั้นมีคุณภาพดีพอ

2.3.6.1 คุณสมบัติของน้ำ

1) น้ำสำหรับผสมคอนกรีต

- ต้องมีความสะอาดและมีความขุ่นไม่เกิน 2,000 ppm. (ส่วนในล้าน) หรือสามารถบริโภคได้
- ต้องไม่มีกรด ด่าง น้ำมัน และสารอินทรีย์อื่นๆ เจือปน ถ้ามีต้องน้อยมาก
- ไม่ควรใช้น้ำทะเลทุกๆ กรณี

2) น้ำสำหรับบ่มคอนกรีต

- ต้องไม่มีฝุ่น น้ำมัน และเกลือผสมอยู่มาก
- ต้องระวังไม่ให้มีสารอินทรีย์ เช่น กรดแทนนิค เจือปนเพราะจะทำให้คอนกรีตมีรอยเปื้อนล้างออกยาก และถ้าบ่มนานๆ น้ำจะซึมเข้าไปในคอนกรีตทำให้เหล็กเสริมเกิดสนิมขึ้นมาได้
- น้ำที่ใช้ต้องไม่มีกลิ่นรุนแรงที่จะทำอันตรายต่อสุขภาพและกลิ่นนั้นต้องไม่ติดผิวคอนกรีตได้ในระยะเวลายาวนาน

2.3.6.2 หน้าที่หลักของน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีต

1) ทำหน้าที่เข้าผสมกับปูนซีเมนต์และทำปฏิกิริยาทางเคมี แล้วเกิดความร้อนที่เรียกว่า heat of hydration ทำให้ผงซีเมนต์นั้นกลายเป็นวุ้นเป็นซีเมนต์เหนียว ซึ่งเป็นตัวประสานผิวระหว่างเม็ดวัสดุผสมเกาะยึดกันแน่นเมื่อแข็งตัว

2) ทำหน้าที่เคลือบหินและทรายให้เปียก เพื่อให้ปูนซีเมนต์เข้าเกาะโดยรอบและแข็งตัวยึดติดกันแน่น

3) ทำหน้าที่หล่อลื่นให้วัสดุทั้ง 3 อย่างนี้ เกิดความเหลว สามารถเทและกระทุ้งหรือเขย่าเข้าแบบหล่อให้เป็นรูปต่างๆ ได้

2.3.7 ชนิดของเถ้าแกลบ

เถ้าแกลบเป็นวัสดุที่เกิดจากการนำแกลบมาเป็นวัตถุดิบเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในโรงสีข้าวและโรงไฟฟ้า จากการศึกษาพบว่า เถ้าแกลบมีคุณสมบัติเป็นวัสดุปอซโซลานตามมาตรฐาน ASTM C618-94a โดยจัดอยู่ใน Class N (บุรฉัตร ฉัตรวีระ และณรงค์ศักดิ์ มากุล, 2547) และมีปริมาณซิลิกา (silica) สูง แกลบเมื่อได้รับความร้อนจะสูญเสียความชื้น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เกิดการเผาไหม้และถ้ามีอากาศพอจะกลายเป็นเถ้าสีขาว การเผาแกลบในที่มีอากาศไม่เพียงพอ มีอุณหภูมิต่ำ จะได้แกลบที่มีสีดำและการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผา (LOI) สูง นอกจากนี้ต้องลดขนาดให้ละเอียดอย่างมาก จึงจะสามารถนำมาใช้ผสมปูนซีเมนต์ได้ การเผาในที่มีอากาศไม่เพียงพอ หรือระยะเวลาในการเผาสั้น ถึงแม้มีอุณหภูมิสูงก็ตาม แกลบดำที่ได้ก็ยังคงมี LOI สูง แกลบที่ผ่านการเผาอย่างสมบูรณ์มี LOI ต่ำ และมีซิลิกาสูง

เถ้าที่ได้จากการเผาไหม้ของแกลบมีองค์ประกอบที่มีซิลิกาชนิดอะมอร์ฟัส (Amorphous Silica) เป็นผลพลอยได้สามารถนำมาเพิ่มมูลค่าของเถ้าแกลบ โดยการนำมาใช้ประโยชน์ต่อไปได้ เช่น นำไปทำชิ้นส่วนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์ เซมิคอนดัคเตอร์ เป็นต้น ส่วนที่เกิดจากการเผาไหม้แกลบอย่างสมบูรณ์ที่อุณหภูมิ 800-900 องศาเซลเซียส มี 2 ประเภท คือ เถ้าลอย (Fly ash) ซึ่งมีลักษณะเล็กและเบา กับเถ้าหนัก (Bottom Ash) ในอัตราส่วน 9 : 1 โดยเถ้าที่ได้มีคุณสมบัติเป็นฉนวน (Fine Grain) หรือที่นิยมเรียกว่าขี้เถ้าแกลบ (มีปริมาณคาร์บอนเจือปนต่ำ 2-7 %) ซึ่งลักษณะโครงสร้างดังกล่าวเป็นที่ต้องการสำหรับการนำไปใช้ในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมเหล็กกล้า นอกจากนี้เถ้าแกลบที่ได้จากการเผาในอัตรา 9 ส่วน ใน 10 ส่วน ของเถ้าทั้งหมด

2.3.7.1 องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าแกลบ

องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าแกลบแสดงในตารางที่ 2.4 ซึ่งพบว่าเถ้าแกลบมี SiO_2 สูงมากถึง ประมาณร้อยละ 90 ทำนองเดียวกัน พบว่า เถ้าแกลบที่เผามาประเทศไทยมี SiO_2 อยู่ร้อยละ 92.28 และ 91.84 ตามลำดับ ส่วนที่เหลือเป็นออกไซด์ของโซเดียม โปรแตสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก ฟอสฟอรัส และซัลเฟอร์ และค่าการสูญเสียน้ำหนัก เนื่องจากการเผา (Loss On

Ignition หรือ LOI) ซึ่งตามปกติมี LOI อยู่ประมาณร้อยละ 2-5 อุณหภูมิที่ใช้ในการเผาแกลบมีผลต่อค่า LOI เพราะการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์จะทำให้เถ้าแกลบมี LOI สูงขึ้น LOI ที่อยู่ในเถ้าแกลบส่วนใหญ่จะเป็นธาตุถ่านดูดน้ำสูง และถ้ามีจำนวนมากจะทำให้กำลังของคอนกรีตลดลงได้

ตารางที่ 2.4 องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าแกลบ

สารประกอบ	เถ้าแกลบ	เถ้าแกลบขาว	เถ้าแกลบดำโรงสี
SiO_2	86.9-97.3	88.33	89.95
K_2O	0.6-2.5	2.76	1.49
Na_2O	0-1.5	0.15	0.07
CaO	0.2-1.5	0.56	0.50
MgO	0.12-1.96	0.28	0.23
Fe_2O_3	0-0.6	3.37	1.89
P_2O_5	0.2-2.9	NA	NA
SO_3	0.1-1.1	0.12	0.02
CI	0-0.4	NA	NA
Al_2O_3	NA	0.48	0.54
LOI	NA	3.71	4.70

2.3.7.2 การบดและลักษณะของแกลบเผาบดละเอียด

แกลบที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิที่ไม่สูงเกินไปจะยังคงรักษาความพรุนและโครงสร้างเซลล์ไว้ได้ โครงสร้างของเซลล์ที่มีลักษณะเป็นรูพรุนของแกลบเผาแล้วมีขนาดค่อนข้างใหญ่ ในการนำไปใช้จึงต้องบดเถ้าแกลบให้ละเอียด ให้มีขนาดใกล้เคียงกับขนาดของผงปูนซีเมนต์ ซึ่งเป็นความละเอียดที่นำมาใช้งานได้ดี การบดละเอียดเถ้าแกลบนิยมใช้การบดแห้งเพราะบดได้ง่ายและเร็ว แต่ทั้งนี้การบดเปียกสามารถให้เถ้าแกลบที่มีอานุภาคที่ละเอียดมาก แต่วิธีการยุ่งยากกว่า

2.3.8 ขี้เลื่อยและเศษไม้ยางพารา

จากรายงานของสถาบันวิจัยยางพารา พบว่า ภายหลังกระบวนการแปรรูปไม้ยางพาราเพื่อผลิตเฟอร์นิเจอร์ จะมีเศษไม้ 3.6 ล้านตัน และขี้เลื่อย 8 ล้านตัน (คู่มือพลังงานชีวมวล, ออนไลน์)

2.3.8.1 ลักษณะทางกายภาพ

ดนุพล อ้างถึงใน สราวุธ เทศศิริ (2550) ได้กล่าวว่า อนุภาคของเถ้าขี้เลื่อยไม้ยางพารามีขนาดเฉลี่ยใหญ่กว่าเถ้าลอย ซึ่งอนุภาคของเถ้าขี้เลื่อยไม้ยางพารามีขนาด 48.85 ไมครอน ซึ่งใหญ่กว่าเถ้าลอยประมาณ 10 เท่า เถ้าขี้เลื่อยไม้ยางพารามีลักษณะทั้งเม็ดเหลี่ยมและเหลี่ยมมุม มีทั้งพื้นผิวขรุขระมีรูพรุนอยู่ และมีบางอนุภาคเป็นแผ่นวางซ้อนหนาติดกัน ซึ่งจากลักษณะดังกล่าวจึงมีความดูดซึมน้ำได้มาก และพื้นที่บางส่วนบดบังการทำปฏิกิริยาทำให้การทำปฏิกิริยาได้ไม่ทั่วถึง

จรูญ อ้างถึงใน สราวุธ เทศศิริ (2550) ได้กล่าวว่า ลักษณะของเถ้าขี้เลื่อยไม้ยางพารา มีอนุภาคหยาบกว่าเมื่อเทียบกับอนุภาคของปูนซีเมนต์ ลักษณะของเถ้าขี้เลื่อยไม้ยางพาราเป็นรูปร่างไม่แน่นอนมีขนาดแตกต่างกัน มีลักษณะเป็นเหลี่ยมๆ มนๆ ปะปนเป็นจำนวนมาก ลักษณะคล้ายวัตถุที่มีรูพรุนการกระจายตัวของอนุภาคลักษณะของเถ้าขี้เลื่อยไม้ยางพาราอยู่ในเกณฑ์สูง ขนาดของอนุภาคแตกต่างกันมากโดยมีอนุภาคเล็กที่สุดเท่ากับ 0.375 ไมครอน และมีขนาดใหญ่สุดเท่ากับ 717.80 ไมครอน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 52.91 ไมครอน ในขณะที่ปูนซีเมนต์มีอนุภาคเฉลี่ยเท่ากับ 21.30 ไมครอน

2.3.8.2 องค์ประกอบทางเคมี

องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าขี้เลื่อยไม้ยางพารา ประกอบด้วยแคลเซียมออกไซด์ (CaO) ประมาณร้อยละ 40-55 โดยน้ำหนัก มีแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) ประมาณร้อยละ 10-20 โดยน้ำหนัก และมีโพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O) ประมาณร้อยละ 18-26 โดยน้ำหนัก

จรูญ เจริญเนตรกุล (2547) ได้กล่าวว่า ปริมาณแคลเซียมออกไซด์เทียบเท่า (CaO Equivalent) ในวัสดุประสานมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความสามารถในการรับแรงอัดของมอร์ต้าร์ที่ผสมวัสดุปอซโซลาน กล่าวคือ มอร์ต้าร์ที่ผสมวัสดุปอซโซลานในอัตราแทนที่ที่เท่ากัน กำลังอัดมอร์ต้าร์ที่ผสมวัสดุปอซโซลานที่มีปริมาณแคลเซียมออกไซด์ (CaO) มากกว่า จะมีความสามารถรับกำลังอัดได้มากด้วย

สราวุธ เทศศิริ (2550) คุณสมบัติทางเคมีของเถ้าขี้เลื่อยไม้ยางพารา พบว่ามีปริมาณของ SiO2, Al2O3, Fe2O3 และCaO เท่ากับร้อยละ 15.14, 1.06, 0.56 และ 32.34 ตามลำดับ

ตารางที่ 2.5 องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าขี้เลื่อยไม้ยางพารา

องค์ประกอบทางเคมี (%)	เถ้าขี้เลื่อยไม้ยางพารา
SiO_2	15.14
Al_2O_3	1.06
Fe_2O_3	0.56
CaO	32.34
K_2O	19.05
SO_3	3.29
LOI	2.64

2.4 การบ่มคอนกรีต

การบ่มหรือการบำรุงคอนกรีต (Curing) เป็นการควบคุมและป้องกันมิให้น้ำที่เหลือจากการทำปฏิกิริยากับซีเมนต์ ระเหยออกมาจากคอนกรีตที่เทลงบนแบบหล่อและแข็งตัวเร็วเกินไป เพื่อให้คอนกรีตมีคุณสมบัติในการรับแรง และความทนทานตามความต้องการ หลังจากเทคอนกรีตทิ้งไว้จนผิวหน้าคอนกรีตหมาดแข็งปราศจากรอยแล้วจะต้องทำการบ่มทันทีด้วยวิธีที่ถูกต้อง โดยปกคลุมผิวมิให้ถูกแดดหรือลมร้อน และมิให้ถูกรบกวนหรือสะเทือน โดยเฉพาะภายในระยะ 24 ชั่วโมงแรก ทั้งนี้ให้ได้คอนกรีตที่มีคุณภาพดีและมีคุณสมบัติตามที่ต้องการ อีกทั้งเป็นการป้องกันการสูญเสียน้ำจากคอนกรีตที่เทใหม่ๆ มิฉะนั้นคอนกรีตจะเกิดการหดตัวเร็ว ทำให้เกิดแรงตึงผิวที่กำลังจะแห้ง เป็นผลให้เกิดรอยร้าวที่ผิวคอนกรีต ช่วงระยะเวลาที่ป้องกันและรักษาความชื้นนี้ไว้ภายหลังจากเทคอนกรีตลงแบบหล่อแล้ว เรียกว่าระยะเวลาของการบ่มคอนกรีต กำลังของคอนกรีตจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตราบเท่าที่ยังมีความชื้นให้ซีเมนต์ทำปฏิกิริยากับน้ำได้ต่อไปอีก กำลังของคอนกรีตจะเพิ่มสูงขึ้นรวดเร็วในระยะแรก และจะค่อยๆ ช้าลงในเวลาต่อมา ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความชื้นและอุณหภูมิที่พอเหมาะ 15-39 องศาเซลเซียส ดังนั้นควรบ่มชื้นติดต่อกันอย่างน้อย 7-14 วัน

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับอิฐบล็อก

ศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง อุปวิทย์ สุวคันธกุล และสุดใจ เหง้าสีไพร (2550) การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัสดุผสม สำหรับคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมของ

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าว ผลการทดสอบพบว่า อัตราที่ดีที่สุดได้แก่ สูตรที่ 8 คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ร้อยละ 25 ทรายร้อยละ 52.50 เส้นใยมะพร้าวร้อยละ22.50 ของมวลรวม และใช้น้ำร้อยละ 15 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ โดยอยู่ในเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ± 2 มิลลิเมตร ความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย 5 ก้อน มีค่า 2.65 เมกะพาสคัล การดูดซึมน้ำร้อยละ14

ประชุม คำพุฒ และ กิตติพงษ์ สวีโร (2553) การศึกษาคอนกรีตมวลเบาผสมเถ้าแกลบเสริมแผ่นยางธรรมชาติ จากการทดสอบพบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมคือ อัตราส่วน (ปูนซีเมนต์: ทราย: น้ำ: แกลบ) เท่ากับ 1: 0.5: 1: 1.83 ที่อายุ 28 วัน มีค่าความต้านทานแรงอัด, ความหนาแน่น, การดูดซึมน้ำ, และการเปลี่ยนแปลงความยาวที่ผ่านมาตรฐาน มอก.58-2530 เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ความต้านทานแรงอัดมีค่าใกล้เคียงกับมาตรฐาน มอก.58-2530

ปิติ พานิชายุนนท์ และคณะ (2555) การศึกษาปริมาณขี้เลื่อยของไม้ยางพาราที่มีผลต่อความแข็งของคอนกรีตบล็อกมวลเบา จากการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐาน คือความหนาแน่น และค่าความทนแรงอัดพบว่า การเพิ่มปริมาณขี้เลื่อยไม้ยางพาราเป็นส่วนผสมสามารถลดความหนาแน่น และความทนแรงอัด โดยค่าทั้งสองจะมีค่าลดลง เมื่อเพิ่มปริมาณของขี้เลื่อยไม้ยางพารา และพบว่า อัตราส่วนคอนกรีตบล็อกมวลเบาจากขี้เลื่อยของไม้ยางพาราที่ดีที่สุดคือ 10: 5: 8: 10 ซึ่งมีความหนาแน่น 1489 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีค่าแรงกด 36.76 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งมีค่าแรงกดสูงกว่ามาตรฐาน มอก. 58-2530 ที่กำหนดไว้ ที่ 20 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

ปิติ พานิชายุนนท์ และคณะ อ้างถึงใน ประชุม คำพุฒ (2553) การพัฒนาคอนกรีตบล็อกมวลเบาจากฟางข้าวจากผลการทดสอบพบว่า การเพิ่มฟางข้าวเป็นส่วนผสมสามารถลดน้ำหนักและความหนาแน่นของตัวอย่างได้ ซึ่งอัตราส่วนโดยปริมาตรของ ดิน: ทราย: ซีเมนต์: ฟางที่ให้สมบัติของบล็อกดีที่สุดคือ 10: 5: 8: 8 มีความหนาแน่น 1591 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีค่าแรงกด 37.56 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และมีการดูดซับน้ำ 19.84 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่มีฟางข้าว พบว่าน้ำหนักและความหนาแน่นลดลงอย่างเห็นได้ชัด คือ 29.38 เปอร์เซ็นต์ และ47.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

เกียรติชัย ทองแก้วจันทร์ อ้างถึงใน ประชุม คำพุฒ (2553) การใช้เถ้าขยะชีวมวลในการพัฒนานวัตกรรมผนังคอนกรีตมวลเบาเพื่อเป็นฉนวนกันความร้อนสำหรับอาคารจากการศึกษาพบว่า อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุดของก้อนตัวอย่างจากเถ้าแกลบและชานอ้อยที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ โดยผ่านมาตรฐานของการทดสอบต่างๆ คือ 30: 15: 35 (ปูนซีเมนต์: ทราย: เถ้าแกลบ) และ 20: 15: 65 (ปูนซีเมนต์: ทราย: เถ้าชานอ้อย) จากการทำการทดสอบ

เปรียบเทียบระหว่าง คอนกรีตบล็อกจากเถ้าแกลบ และคอนกรีตบล็อกจากเถ้าชานอ้อย พบว่า คอนกรีตบล็อกจากเถ้าชานอ้อยรับแรงอัดได้ดีกว่า คอนกรีตบล็อกจากเถ้าแกลบ และเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกจากเถ้าชานอ้อยมีเปอร์เซ็นต์การดูซึมน้ำน้อยกว่าคอนกรีตบล็อกจากเถ้าแกลบ

บุรฉัตร ฉัตรวีระ และวัชรากร วงศ์คำจันทร์ (2544) พฤติกรรมทางกลของคอนกรีตผสมเถ้าแกลบละเอียด จากผลการทดสอบพบว่าเถ้าแกลบละเอียดมีการทำปฏิกิริยาปอซโซลานิกสูง และสามารถใช้เป็นวัสดุซีเมนต์ในคอนกรีตได้ ค่าการยุบตัวของคอนกรีตผสมเถ้าแกลบละเอียดน้อยกว่าคอนกรีตธรรมดา แต่สูงกว่าคอนกรีตผสมเถ้าแกลบละเอียดขนาดอนุภาค 44 ไมโครเมตร สำหรับส่วนผสมเดียวกันพบว่า หน่วยน้ำหนักในสภาพสดของคอนกรีตผสมเถ้าแกลบละเอียดลดลงเมื่ออัตราการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าแกลบ นอกจากนี้กำลังรับแรงอัดที่อายุ 28 วัน ขึ้นไปของคอนกรีตผสมเถ้าแกลบละเอียดสูงกว่าคอนกรีตธรรมดา

Elinwa and Mahmood. (2001) การแทนที่เถ้าขี้เลื่อยในปูนซีเมนต์เพื่อเป็นส่วนผสมของคอนกรีต พบว่า การแทนที่ในอัตราส่วนร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก มีค่ากำลังอัดใกล้เคียงกับคอนกรีตควบคุม และยิ่งมีกำลังลดต่ำลงเมื่อมีการแทนที่มากขึ้น แต่คอนกรีตที่ผสมเถ้าขี้เลื่อยไม้จะช่วยเพิ่มความทนทานต่อซัลเฟต และลดอัตราการซึมผ่านของน้ำอีกด้วย

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

3.1 พื้นที่ศึกษา

3.1.1 แหล่งที่มาของวัสดุ

เถ้าแกลบได้รับความอนุเคราะห์จากโรงสีข้าวของ นายพิชิต แก้วศิริ สถานที่ตั้ง 74 ม.4 ต.คลองหลา อ.คลองหอยโข่ง จ.สงขลา

เถ้าขี้เลื่อยได้รับความอนุเคราะห์จาก อ.จิระพงศ์ สุขจันทร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

3.1.2 การทำอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก

ได้รับความอนุเคราะห์จาก นายไฝสอน เบ็ญอาหลี ร้าน พี.เอส. (โคกเมา) 32/7 หมู่ 7 ถ.ลพบุรี-ราเมศวร์ ต.ท่าช้าง อ.บางกล่ำ จ.สงขลา 90110

3.1.3 การทดสอบประสิทธิภาพ

ศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

3.1.4 การทดสอบประสิทธิภาพกำลังต้านแรงอัด (ส่งทดสอบ)

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.2.1 วัสดุ

1. ทราย หมายถึง ทรายก่อสร้างทั่วไป
2. น้ำ หมายถึง น้ำสะอาดสามารถที่ใช้ดื่มได้
3. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 (งานโครงสร้าง)
4. เถ้าแกลบ
5. เถ้าขี้เลื่อย

3.2.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ทดสอบ

1. เครื่องชั่งน้ำหนัก ทศนิยม 2 ตำแหน่ง
2. ตู้อบ

3. ผ้าซับน้ำ
4. อ่างน้ำ
5. เครื่องผสมคอนกรีต
6. เครื่องอัดบล็อก

3.3 การกำหนดอัตราส่วนผสมอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อย

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเรื่องอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก จึงนำมาพัฒนาโดยใช้เถ้าแกลบกับขี้เลื่อย ตามอัตราส่วนของ ประชุม คำพุฒ (2553) ที่ได้ศึกษาอัตราส่วนผสมของเถ้าแกลบ ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสม คือ อัตราส่วน ปูนซีเมนต์: ทราย: น้ำ: แกลบ (1: 0.5: 1: 1.83) ดังแสดงรายละเอียดใน (ตารางที่ 3.1)

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนสำหรับอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยในสัดส่วน ปูนซีเมนต์: ทราย: น้ำ: (เถ้าแกลบ: เถ้าขี้เลื่อย) เท่ากับ 1: 0.5: 1: (1.83) ที่ใช้ในการทดลอง

ชุดทดลอง	อัตราส่วนระหว่างเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อย (1.83)	ปริมาณที่ใช้ในการทดลอง [1] (กิโลกรัม)				
		ปูนซีเมนต์	ทราย	น้ำ	เถ้าแกลบ	เถ้าขี้เลื่อย
1	1.83: 0.00	30	15	30	54.90	0
2	1.37: 0.46	30	15	30	41.175	13.725
3	0.915: 0.915	30	15	30	27.45	27.45
4	0.46: 1.37	30	15	30	13.725	41.175
5	0.00: 1.83	30	15	30	0	54.90

หมายเหตุ

อิฐบล็อก 1 ก้อน หนัก 7 กิโลกรัม [1] ปริมาณผสมอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับขี้เถ้าเลื่อยข้างต้นมีปริมาณโดยรวม 130 กิโลกรัม จะผลิตอิฐได้ประมาณ 18 ก้อน ต่อ 1 การทดลอง

3.4 วิธีการผสมและการขึ้นรูปอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อย

1. การเตรียมเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อย

1.1 นำเถ้าแกลบที่ได้มาอบที่อุณหภูมิ 105 ^{0}C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อไล่ความชื้น จากนั้นทำการบดเถ้าแกลบ

1.2 นำเถ้าขี้เลื่อยที่ได้มาอบที่อุณหภูมิ 105 ^{0}C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อไล่ความชื้น จากนั้นทำการบดเถ้าขี้เลื่อย

1.3 นำเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยไปร่อนด้วยตะแกรงเบอร์100 ชั่งน้ำหนักวัสดุที่บดแล้วตามที่ใช้ทดลอง

2. เตรียมส่วนผสมตามอัตราส่วนที่กำหนดในตารางที่ 6 (ยกเว้นน้ำ) ใส่ลงในเครื่องผสมคอนกรีตแล้วผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน

3. ใส่น้ำที่เตรียมไว้ลงไปในเครื่องผสมคอนกรีต การใส่น้ำควรใส่น้ำลงไปทีละนิด โดยทำการหยุดเครื่องผสม ทำการเคาะ เถ้าแกลบ เถ้าขี้เลื่อย ทราย และปูนซีเมนต์ ที่เกาะตามข้างเครื่องผสมคอนกรีตออกบ่อยๆ เติมน้ำจนครบ จากนั้นทำการหมุนเครื่องผสมคอนกรีตเป็นเวลา 7-10 นาที

4. นำส่วนผสมที่ผสมจนเข้ากันดีแล้วไปอัดในเครื่องอัดบล็อก แต่ละก้อนใส่ส่วนผสมให้เท่าๆ กัน จึงทำการอัดอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อย

5. ก่อนที่จะใส่ส่วนผสมลงในเครื่องอัดบล็อกควรทาน้ำมันก่อน เพื่อไม่ให้ส่วนผสมติดกับเครื่องอัดอิฐบล็อก และป้องกันการสึกหรอของเครื่องอัดอิฐบล็อก

6. เมื่อทำการอัดเสร็จแล้วให้ยกอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยที่ได้ออกจากเครื่องอัดอิฐบล็อก และนำไปวางให้เป็นระเบียบเรียบร้อย (แต่ละชุดการทดลองทำซ้ำ 3 ครั้ง)

7. นำอิฐที่ได้จากข้อ 6 มาทำการบ่มโดยปกคลุมผิวมิให้ถูกแดดหรือลมร้อน และมิให้ถูกรบกวนหรือสะเทือน เพื่อให้คอนกรีตมีคุณสมบัติในการรับแรงและความทนทานตามความต้องการ ห้ามนำอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยไปตากแดด เนื่องจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่นที่เกิดขึ้นจะไม่สมบูรณ์ และมีผลต่อกำลังอัดของอิฐบล็อก หลังจากนั้นเมื่ออายุครบ 14 วัน ก็นำอิฐบล็อกไปทำการทดสอบประสิทธิภาพ

3.5 ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพ

3.5.1 ขั้นตอนการทดสอบกำลังต้านแรงอัด โดยกำหนดอายุวันที่ใช้ทดสอบที่ 14 วัน มา 5 ก้อน การทดสอบหาค่ากำลังต้านแรงอัดโดยการกดชิ้นทดสอบในด้านยาวของชิ้นทดสอบจนได้แรงอัดสูงสุด เมื่อชิ้นทดสอบแตกหัก นำมาหาค่ากำลังต้านแรงอัด ซึ่งมีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. วัดขนาดอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยเป็นมิลลิเมตร (กว้าง x ยาว x หนา) แล้วชั่งน้ำหนักโดยอ่านค่าละเอียดถึง 0.5 กรัม

2. นำเข้าเครื่องทดสอบเพื่อหาค่ากำลังต้านแรงอัด โดยใช้อัตราการเพิ่มแรงอัดประมาณ 100 กก./ตร.ซม. จนกระทั่งอิฐพังทลายแล้วบันทึกค่าแรงอัดสูงสุด (ประชุม คำพุฒ 2553)

3. คำนวณค่ากำลังต้านแรงอัดโดยสูตรที่ใช้คำนวณ คือ

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

เมื่อ σ = กำลังต้านทานแรงอัด (กก./ตร.ซม.)

P = แรงกดที่ทำให้ชิ้นส่วนเกิดการวิบัติ (กก.)

A = พื้นที่รับแรงอัด (ตร.ซม.)

3.5.2 ขั้นตอนการทดสอบการดูดกลืนน้ำ

การทดสอบหาค่าการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อย ทำโดยชักตัวอย่างอิฐบล็อกแห้งที่มีอายุ 14 วัน มา 5 ก้อน (เป็นไปตามการชักตัวอย่าง มอก.109) โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

1. นำอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยที่เตรียมไว้ทดสอบมาวัดขนาด (กว้าง x ยาว x หนา) ของก้อนตัวอย่าง

2. นำอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยที่ทำการทดสอบไปแช่ให้จมอยู่ในน้ำ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำอิฐบล็อกขึ้นมา ทิ้งไว้ให้ระบายน้ำออกเป็นเวลา 1 นาที ใช้ผ้าซับหยดน้ำบนผิวอิฐบล็อกที่มองเห็นด้วยตาเปล่าที่ละก้อน แล้วทำการชั่งน้ำหนักทันที จดบันทึกค่าน้ำหนักอิฐบล็อกผสมเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยที่ดูดซึมน้ำ

3. หลังจากการอิ่มน้ำ ทำอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยให้แห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 110 ถึง 115 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลา 24 ชั่วโมง แล้วปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง 2 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนักทีละก้อน โดยอ่านค่าละเอียดถึง 0.1 กรัม จดบันทึกค่าน้ำหนักอิฐบล็อกแห้ง (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.109)

4. ทำการคำนวณหาค่าการดูดกลืนน้ำตามสูตรดังนี้

$$\text{การดูดกลืนน้ำ กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร} = \frac{A-B}{A-C} \times 1000$$

$$\text{การดูดกลืนน้ำ ร้อยละ} = \frac{A-B}{B} \times 100$$

เมื่อ A = น้ำหนักอิฐบล็อกตัวอย่างเมื่อเปียก เป็นกิโลกรัม

B = น้ำหนักอิฐบล็อกเมื่อแห้ง

C = น้ำหนักอิฐบล็อกเมื่อเปียก เป็นกิโลกรัม

5. ทำการคำนวณหาปริมาณความชื้นตามสูตรดังนี้

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{A-B}{C-B} X\ 100$$

เมื่อ A = น้ำหนักอิฐบล็อกเมื่อเปียก เป็นกิโลกรัม

B = น้ำหนักอิฐบล็อกเมื่อแห้ง

C = น้ำหนักอิฐบล็อกเมื่อเปียก เป็นกิโลกรัม

3.5.3 ขั้นตอนการทดสอบความชื้นและอัตราการเปลี่ยนแปลงความยาว

การทดสอบอัตราการเปลี่ยนแปลงความยาวของอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อย ทำโดยชักตัวอย่างคอนกรีตบล็อกที่แห้งที่มีอายุ 14 วัน มา 5 ก้อน (เป็นไปตามการชักตัวอย่าง มอก.109) โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

1. นำอิฐบล็อกที่ทำการทดลองที่เตรียมไว้ทดสอบวัดขนาด (กว้าง x ยาว x หนา) ของก้อนตัวอย่าง

2. นำอิฐบล็อกที่ทำการทดลองเข้าตู้อบโดยใช้เวลาในการอบ 24 ชั่วโมง จากนั้นทิ้งให้เย็น แล้วชั่งมวลและวัดความยาวของชิ้นทดสอบถือเป็นมวลในสภาพแห้งทีละก้อน คำนวณหาค่ามวลที่ปริมาณความชื้นร้อยละ40

3. นำอิฐบล็อกที่ทำการทดลองไปแช่ในน้ำโดยผิวบนของชิ้นทดสอบอยู่ต่ำกว่าผิวน้ำ 3 เซนติเมตร เป็นเวลา 3 วัน

4. เก็บรักษาที่ห้องหรือภาชนะปิด ชั่งมวลและวัดความยาวทุกวัน จนมวลของชิ้นทดสอบมีค่าต่ำกว่ามวลที่มีปริมาณความชื้นร้อยละ 40 ซึ่งคำนวณได้จากข้อ 2

5. วัดความยาวและชั่งมวลของอิฐบล็อกทุก 3 วัน จนความยาวเข้าสู่สภาพสมดุล โดยอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยต้องมีการเปลี่ยนแปลงความยาวน้อยกว่าร้อยละ 0.003 ต่อ 3 วัน

6. รายงานผลปริมาณการเปลี่ยนแปลงความยาวของอิฐบล็อกแต่ละค่า (ประชุม คำพุฒ, 2553)

สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

7. คำนวณหาค่าเฉลี่ยอิฐบล็อกแต่ละอัตราส่วนผสม

$$\text{เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความยาว} = \frac{L_1 - L_2}{L_1} \times 100$$

เมื่อ L1 คือ ความยาวของชิ้นทดสอบในการวัดครั้งแรก (มิลลิเมตร)

L2 คือ ความยาวของชิ้นทดสอบเมื่อเข้าสู่สภาพสมดุล (มิลลิเมตร)

620.14
ก 32 ว
177684

บทที่ 4

ผลการศึกษา

การดำเนินงานวิจัยการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยสำหรับอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนัก ได้ใช้ผลจากการศึกษางานวิจัยของ (ประชุม คำพุฒ, 2555) ด้วยการแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนของเถ้าแกลบจากอัตราส่วนที่ดีที่สุด คือ ปูนซีเมนต์: ทราย: น้ำ: เถ้าแกลบ (1: 0.5: 1: 1.83) โดยการนำมาทดสอบการแทนที่เถ้าแกลบด้วยเถ้าขี้เลื่อยในอัตราส่วน 1.83 ซึ่งแบ่งเป็น 5 ชุดการทดลอง ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การกำหนดอัตราส่วนผสมอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อย

ชุดทดลอง	อัตราส่วนระหว่างแกลบกับเถ้าขี้เลื่อย (1.83)	ปริมาณที่ใช้ในการทดลอง[1] (กิโลกรัม)				
		ปูนซีเมนต์	ทราย	น้ำ	เถ้าแกลบ	เถ้าขี้เลื่อย
1	1.83: 0.00	30	15	30	54.90	0
2	1.37: 0.46	30	15	30	41.175	13.725
3	0.915: 0.915	30	15	30	27.45	27.45
4	0.46: 1.37	30	15	30	13.725	41.175
5	0.00: 1.83	30	15	30	0	54.90

หมายเหตุ

อิฐบล็อก 1 ก้อน หนัก 7 กิโลกรัม [1] ปริมาณผสมอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยข้างต้นมีปริมาณโดยรวม 130 กิโลกรัม จะผลิตอิฐได้ประมาณ 18 ก้อนต่อ 1 การทดลอง

โดยการทดสอบประสิทธิภาพของอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยมีการทดสอบประสิทธิภาพ 4 วิธี คือ

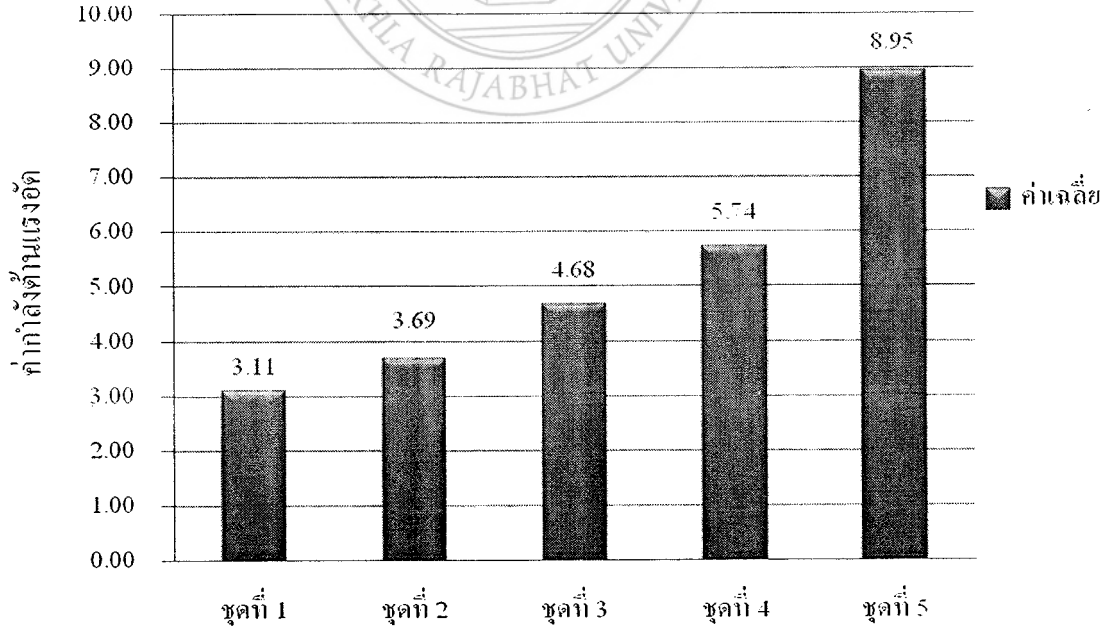
1. การทดสอบกำลังต้านแรงอัด
2. การทดสอบการดูดกลืนน้ำ
3. การทดสอบความชื้น
4. การทดสอบการเปลี่ยนแปลงความยาว ได้ผลการศึกษาดังนี้

4.1 ผลการทดสอบกำลังต้านแรงอัดของอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อย

ผลการทดสอบกำลังต้านแรงอัดของอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อย พบว่า ชุดการทดลองที่ 1-5 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.11, 3.69, 4.89, 5.74 และ8.95 เมกะพาสคาล ตามลำดับ โดยชุดการทดลองที่ 1 มีค่ากำลังต้านแรงอัดเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่ 5 มีค่ากำลังต้านแรงอัดเฉลี่ยสูงสุด ดังตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.1

ตารางที่ 4.2 กำลังต้านแรงอัดของอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยของแต่ละชุดการทดลอง

ชุดทดลอง	อัตราส่วนผสม (ปูนซีเมนต์: ทราย: น้ำ: เถ้าแกลบ: เถ้าขี้เลื่อย)	กำลังต้านแรงอัดของอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อย (เมกะพาสคาล)			ค่าเฉลี่ย	S.D.
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
1	1: 0.5: 1: 1.83: 0.00	3.14	2.93	3.24	3.11	0.16
2	1: 0.5: 1: 1.37: 0.46	3.56	3.83	3.67	3.69	0.14
3	1: 0.5: 1: 0.915: 0.915	4.54	4.62	4.89	4.68	0.18
4	1: 0.5: 1: 0.46: 1.37	5.76	5.89	5.57	5.74	0.16
5	1: 0.5: 1: 0.00: 1.83	8.80	9.08	8.98	8.95	0.14



ภาพที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังต้านแรงอัดของอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยของแต่ละชุดการทดลอง

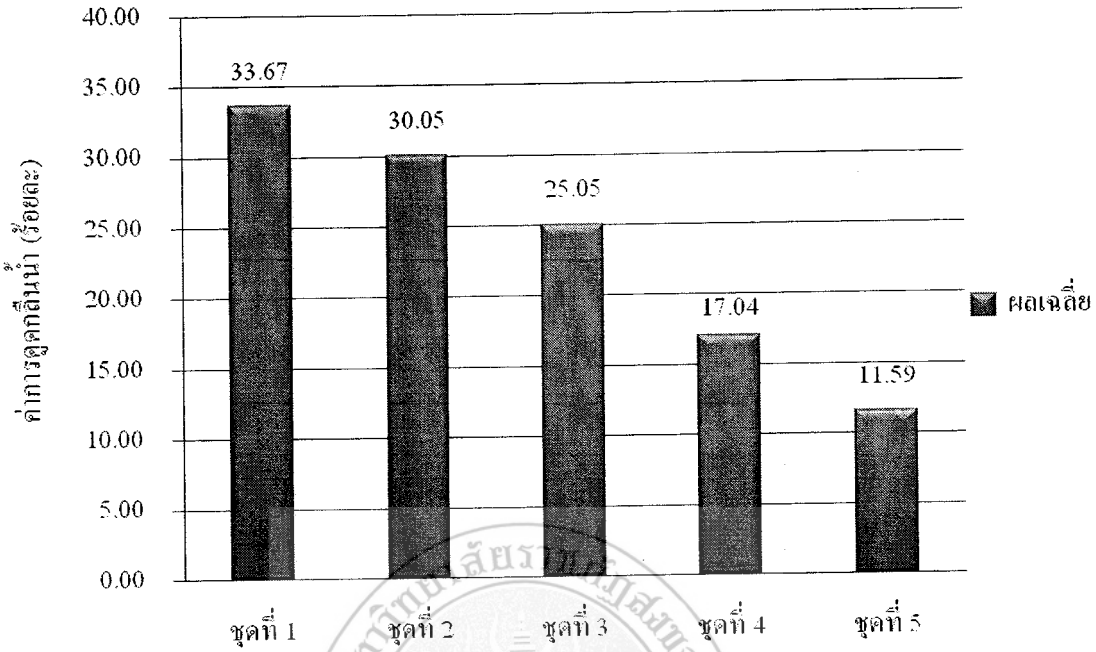
ซึ่งจะเห็นว่าเมื่อเพิ่มเถ้าขี้เลื่อยจะทำให้กำลังต้านแรงอัดสูงขึ้น เนื่องจากเถ้าขี้เลื่อยมีปริมาณแคลเซียมออกไซด์สูง จึงช่วยเติมแคลเซียมออกไซด์ที่ขาดหายไปจากการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยซึ่งตรงกับงานวิจัยของ จรูญ เจริญเนตรกุล (2547) ได้กล่าวว่า ปริมาณแคลเซียมออกไซด์เทียบเท่า (CaO Equivalent) ในวัสดุประสานมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความสามารถในการรับแรงอัดของมอร์ต้าร์ที่ผสมวัสดุปอซโซลาน กล่าวคือ มอร์ต้าร์ที่ผสมวัสดุปอซโซลานในอัตราแทนที่ที่เท่ากัน กำลังอัดมอร์ต้าร์ที่ผสมวัสดุปอซโซลานที่มีปริมาณแคลเซียมออกไซด์ (CaO) มากกว่า จะมีความสามารถรับกำลังอัดได้มากด้วย

4.2 ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อย

ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อย พบว่า ชุดการทดลองที่ 1-5 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 33.67, 30.05, 25.05, 17.04 และ11.59 ตามลำดับ โดยชุดการทดลองที่ 5 มีค่าการดูดกลืนน้ำเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่ 1 มีค่าการดูดกลืนน้ำเฉลี่ยสูงสุด ดังตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.2

ตารางที่ 4.3 ค่าการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อย

ชุดทดลอง	อัตราส่วนผสม (ปูนซีเมนต์: ทราย: น้ำ: เถ้าแกลบ: เถ้าขี้เลื่อย)	การดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อย (ร้อยละ)			ค่าเฉลี่ย	S.D.
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
1	1: 0.5: 1: 1.83: 0	34.56	33.51	32.93	33.67	0.83
2	1: 0.5: 1: 1.37: 0.46	30.08	29.13	30.93	30.05	0.90
3	1: 0.5: 1: 0.915: 0.915	25.88	25.05	24.21	25.05	0.84
4	1: 0.5: 1: 0.46: 1.37	16.21	17.39	17.52	17.04	0.72
5	1: 0.5: 1: 0: 1.83	12.54	11.57	10.66	11.59	0.94



ภาพที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยของแต่ละชุดการทดลอง

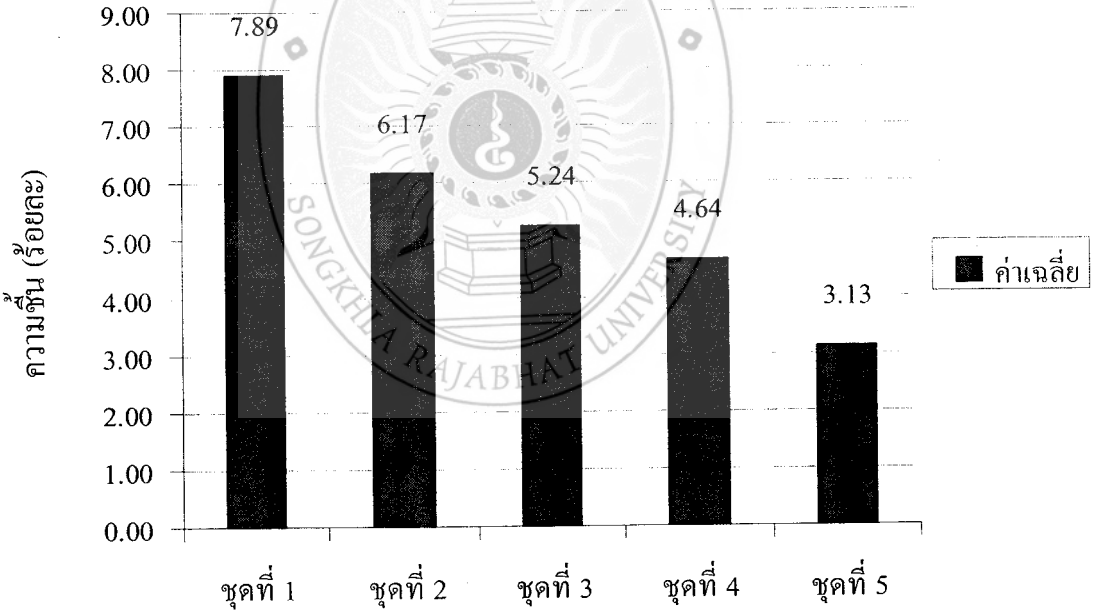
ซึ่งจะเห็นว่าเมื่อเพิ่มเถ้าขี้เลื่อยทำให้อิฐบล็อกดูดกลืนน้ำน้อยลง เนื่องจากเถ้าขี้เลื่อยมีลักษณะรูปร่างที่ความละเอียดกว่าและมีรูพรุนน้อยกว่าเถ้าแกลบซึ่งมีความพรุนสูงทำให้ระยะห่างระหว่างอนุภาคสูงส่งผลให้มีช่องว่างเป็นจำนวนมาก และวัสดุมีความพรุนสูงส่งผลทำให้ต้องการน้ำมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามไม่ควรให้อิฐบล็อกมีการดูดกลืนน้ำมากจนเกินไป เพราะน้ำจะเข้าไปแทนที่ในเนื้อของวัสดุมีผลทำให้ชิ้นส่วนของโครงสร้างเสื่อมคุณภาพได้เร็วขึ้น (http://pioneer.chula.ac.th)

4.3 ผลการทดสอบความชื้นของอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อย

ผลการทดสอบความชื้นของอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อย พบว่า ชุดการทดลองที่ 1-5 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 7.89, 6.17, 5.24, 4.64 และ3.13 ตามลำดับ โดยชุดการทดลองที่ 5 มีค่าความชื้นเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่ 1 มีค่าความชื้นเฉลี่ยสูงสุด ดังตารางที่ 4.4 และภาพที่ 4.3

ตารางที่ 4.4 ค่าความชื้นของอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยของแต่ละชุดการทดลอง

ชุดทดลอง	อัตราส่วนผสม (ปูนซีเมนต์: ทราย: น้ำ: เถ้าแกลบ: เถ้าขี้เลื่อย)	ความชื้นของอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อย (ร้อยละ)			ค่าเฉลี่ย	S.D.
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
1	1: 0.5: 1: 1.83: 0	7.84	7.57	8.26	7.89	0.35
2	1: 0.5: 1: 1.37: 0.46	5.93	6.32	6.27	6.17	0.21
3	1: 0.5: 1: 0.915: 0.915	5.59	5.38	4.74	5.24	0.44
4	1: 0.5: 1: 0.46: 1.37	5.09	4.68	4.15	4.64	0.47
5	1: 0.5: 1: 0: 1.83	2.78	3.45	3.17	3.13	0.34



ภาพที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นของอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยของแต่ละชุดการทดลอง

ซึ่งจะเห็นว่าเมื่อเพิ่มเถ้าขี้เลื่อยสามารถลดความชื้นของอิฐบล็อกได้ เนื่องจากเถ้าขี้เลื่อยมีความละเอียดมากกว่าเถ้าแกลบที่มีลักษณะทางกายภาพที่มีรูพรุนสูง และมีรูปร่างที่ไม่แน่นอน ประชุม คำพุฒ (2553) ดังนั้น เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของเถ้าขี้เลื่อยทำให้ช่องว่างอากาศภายในอิฐบล็อกน้อยลง จึงเก็บความชื้นได้น้อยลงด้วย แต่อย่างไรก็ตามความชื้นมีผลทำให้วัสดุ

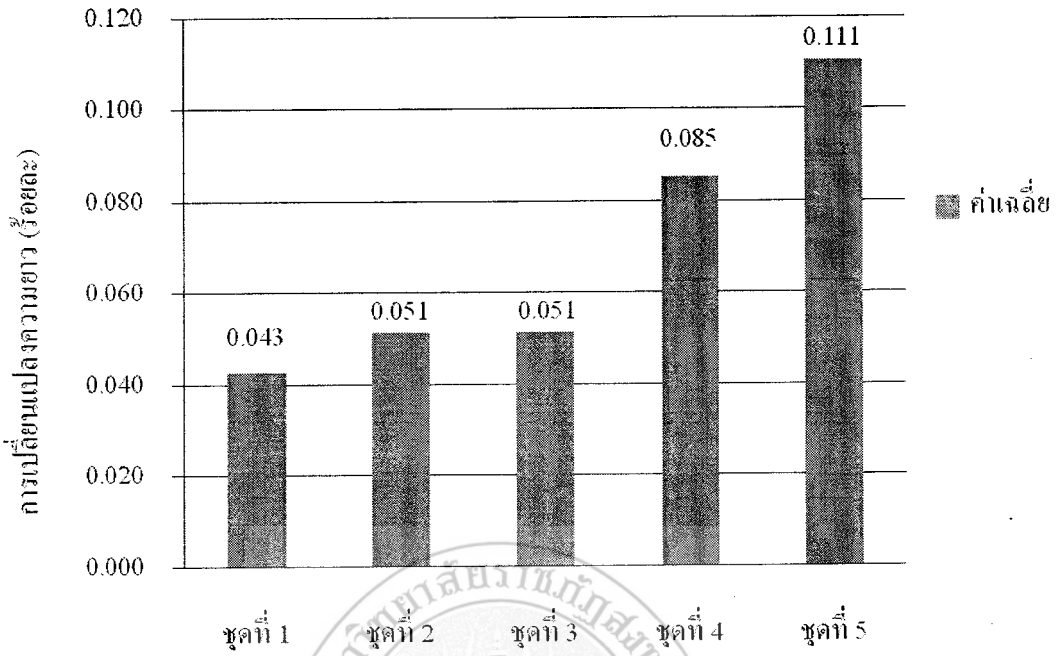
ส่วนต่างๆ ของอาคารชำรุดและเสียหาย เพราะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในเนื้อวัสดุ ซึ่งมีสารที่เป็นกรดเกลือ หรือด่างเจือปน จึงทำให้เกิดการสึกกร่อนของวัสดุ และแตกร้าวในที่สุด (http://pioneer.chula.ac.th)

4.4 ผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงความยาวของอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อย

ผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงความยาวของอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อย พบว่า ชุดการทดลองที่ 1-5 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.043, 0.051, 0.051, 0.085 และ0.111 ตามลำดับ โดยชุดการทดลองที่ 1 มีค่าการเปลี่ยนแปลงความยาวเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่ 5 มีค่าการเปลี่ยนแปลงความยาวเฉลี่ยสูงสุด ดังตารางที่ 4.5 และ ภาพที่ 4.4

ตารางที่ 4.5 ค่าการเปลี่ยนแปลงความยาวของอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยของแต่ละชุดการทดลอง

ชุดทดลอง	อัตราส่วนผสม (ปูนซีเมนต์: ทราย: น้ำ: เถ้าแกลบ: เถ้าขี้เลื่อย)	การเปลี่ยนแปลงความยาวของอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อย (ร้อยละ)			ค่าเฉลี่ย	S.D.
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
1	1: 0.5: 1: 1.83: 0	0.026	0.051	0.051	0.043	0.014
2	1: 0.5: 1: 1.37: 0.46	0.026	0.026	0.102	0.051	0.044
3	1: 0.5: 1: 0.915: 0.915	0.051	0.026	0.077	0.051	0.026
4	1: 0.5: 1: 0.46: 1.37	0.077	0.077	0.102	0.085	0.014
5	1: 0.5: 1: 0: 1.83	0.102	0.102	0.128	0.111	0.015



ภาพที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการเปลี่ยนแปลงความยาวของอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยของแต่ละชุดการทดลอง

ซึ่งจะเห็นว่าเมื่อเพิ่มปริมาณเถ้าขี้เลื่อยทำให้ค่าการเปลี่ยนแปลงความยาวมีการยืด-หดตัวสูง เนื่องจากวัสดุที่นำมาผสม(ปอซโซลาน)นั้นต้องการการบ่มที่นานกว่า เพราะปฏิกิริยาปอซโซลานเกิดได้ช้า ปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของซีเมนต์เพสต์จะลดลงตามอายุที่เพิ่มขึ้น แต่ยังคงมีอยู่ต่อไปตราบที่ยังมีน้ำให้ทำปฏิกิริยาอยู่ ดังนั้นจึงควรบ่มคอนกรีตให้นานที่สุดเท่าที่จะทำได้ อย่างไรก็ตามการบ่มคอนกรีตที่นานมากเกินไปจะเสียเวลา และค่าใช้จ่ายในการบ่มโดยไม่จำเป็น (ชัย จาตุรพิทักษ์กุล, 2555)

4.5 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของชุดการทดลอง 5 ชุด โดยใช้มาตรฐาน มอก.58-2533 เรื่อง คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของชุดการทดลอง 5 ชุด โดยใช้มาตรฐาน มอก.58-2533 เรื่อง คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก สามารถสรุปได้ว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด คือ ชุดการทดลองที่ 3 ปูนซีเมนต์: ทราย: น้ำ: เถ้าแกลบ: เถ้าขี้เลื่อย ในอัตราส่วน 1: 0.5: 1: 0.915: 0.915 เนื่องจากผลการทดสอบประสิทธิภาพกำลังต้านแรงอัด การดูดกลืนน้ำ ความชื้น และการเปลี่ยนแปลงความยาว มีค่าใกล้เคียงค่ามาตรฐาน มอก.58-2533 เรื่อง คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักมากที่สุด และยังมีคุณสมบัติเป็นตามลักษณะของอิฐบล็อกที่ ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของชุดการทดลอง 5 ชุด โดยใช้มาตรฐาน มอก.58-2533 เรื่อง คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

ชุดการทดลอง	กำลังต้านแรงอัด (เมกะพาสคาล)	ค่าการดูดกลืนน้ำ (ร้อยละ)	ค่าความชื้น (ร้อยละ)	การเปลี่ยนแปลงความยาว (ร้อยละ)
ชุดที่1	3.11	33.67	7.89	0.043
ชุดที่2	3.69	30.05	6.17	0.051
ชุดที่3	4.68	25.05	5.24	0.051
ชุดที่4	5.74	17.04	4.64	0.085
ชุดที่5	8.95	11.59	3.13	0.111
มาตรฐาน มอก.58-2533	≥ 2.5	≤ 25	≤ 25	≤ 0.045

หมายเหตุ

มาตรฐานมอก.58-2533 หมายถึง มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก, ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (1619), 2533

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลและอภิปรายผล

กำลังต้านแรงอัด พบว่า ชุดการทดลองที่ 1 มีกำลังต้านแรงอัดเท่ากับ 3.11 เมกะพาสคาล ซึ่งน้อยกว่าชุดการทดลองที่ 5 มีกำลังต้านแรงอัดเท่ากับ 8.95 เมกะพาสคาล เนื่องจากการเพิ่มปริมาณของเถ้าขี้เลื่อยจะช่วยทำให้อิฐบล็อกพัฒนากำลังรับแรงอัดได้สูงเมื่ออายุมากขึ้น และผ่านมาตรฐานมอก.58-2533 เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่กำหนดค่ามาตรฐานต่ำสุดไว้ที่ 2.5 เมกะพาสคาล

การดูดกลืนน้ำ พบว่า ชุดการทดลองที่ 1 มีค่าการดูดกลืนน้ำร้อยละ 33.67 ซึ่งมากกว่า ชุดการทดลองที่ 5 มีค่าการดูดกลืนน้ำร้อยละ 11.59 เนื่องจากเถ้าขี้เลื่อยมีลักษณะรูปร่างที่ความละเอียดกว่าและมีรูพรุนน้อยกว่าเถ้าแกลบ จึงส่งผลให้การดูดกลืนน้ำน้อยลงด้วย โดยชุดการทดลองที่ 1 และ2 มีค่าใกล้เคียงมาตรฐานมอก.58-2533 ซึ่งชุดการทดลองที่ 3, 4 และ5 ผ่านมาตรฐานมอก.58-2533 เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

จากการทดสอบความชื้น พบว่า ค่าความชื้นของอิฐบล็อกผสมเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อย ขึ้นอยู่กับปริมาณของเถ้าขี้เลื่อย เมื่อใส่เถ้าขี้เลื่อยปริมาณมากแนวโน้มของค่าความชื้นก็จะลดลง เนื่องจากเถ้าขี้เลื่อยมีความละเอียดมากกว่าเถ้าแกลบที่มีลักษณะทางกายภาพที่มีรูพรุนสูง และมีรูปร่างที่ไม่แน่นอน (ประชุม คำพุฒ, 2553) ดังนั้น เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของเถ้าขี้เลื่อยทำให้ช่องว่างอากาศภายในอิฐบล็อกน้อยลง จึงเก็บความชื้นได้น้อยลงด้วย

จากการทดสอบการเปลี่ยนแปลงความยาว พบว่า อิฐบล็อกเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยไม่รับน้ำหนักในชุดการทดลองที่ 1 มีการเปลี่ยนแปลงความยาวร้อยละ 0.043 ซึ่งน้อยกว่าอิฐบล็อกเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยในชุดการทดลองที่ 5 มีการเปลี่ยนแปลงความยาวถึงร้อยละ 0.111 สรุปได้ว่าเมื่ออัตราส่วนของเถ้าขี้เลื่อยปริมาณมากแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความยาวก็จะมากตามไปด้วย เพราะอิฐบล็อกเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อย มีระยะเวลาการบ่มที่แตกต่างกัน เนื่องจากปฏิกิริยาปอซโซลานเกิดได้ช้า ปฏิกิริยาไฮเดรชันของซีเมนต์เพสต์จะลดลงตามอายุที่เพิ่มขึ้น แต่ยังคงมีอยู่ต่อไปตราบที่ยังมีน้ำให้ทำปฏิกิริยาอยู่ จึงทำให้เกิดการยืด - หดตัว เพิ่มมากขึ้น ดังนั้นจึงควรบ่มคอนกรีตให้นานที่สุดเท่าที่จะทำได้ หรือทดสอบอิฐบล็อกที่อายุ 28 วัน เพราะอิฐบล็อกจะเข้าสู่สภาพคงที่มากยิ่งขึ้น

จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด คือ ชุดการทดลองที่ 3 ปูนซีเมนต์: ทราย: น้ำ: เถ้าแกลบ: เถ้าขี้เลื่อย 1: 0.5: 1: 0.915: 0.915 เนื่องจากผลการทดสอบประสิทธิภาพกำลังต้านแรงอัด การดูดกลืนน้ำ ความชื้น และการเปลี่ยนแปลงความยาว มีค่าใกล้เคียงค่ามาตรฐาน มอก.58-2533 เรื่อง คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักมากที่สุด และยังมีคุณสมบัติเป็นตามลักษณะของอิฐบล็อกที่ต้องการ ดังนั้นจึงสรุปให้ชุดการทดลองที่ 3 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด

จากการศึกษาครั้งนี้เป็นพียงการศึกษาขั้นพื้นฐานเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้เป็นวัสดุผสมทดแทนปูนซีเมนต์บางส่วน วิธีนี้เป็นการช่วยลดต้นทุนการผลิตอิฐบล็อก มีราคาอยู่ที่ 4-5 บาท/ก้อน ราคาในท้องตลาดมีราคาอยู่ที่ 6-7 บาท/ก้อน ซึ่งน้อยกว่าราคาในท้องตลาด 1-2 บาท/ก้อน ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่าย ทั้งยังเป็นแนวทางในการสนับสนุนการนำวัสดุเหลือใช้กลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และช่วยเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรอีกทางหนึ่งด้วย

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีวิธีการทดสอบส่วนผสมในขั้นตอนการผสมและการขึ้นรูปอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อย ในการตรวจเช็คความชื้นที่ได้มาตรฐาน เพื่อให้ได้ความชื้นที่เหมาะสมในการทำอิฐบล็อก

2. ควรมีการเพิ่มระยะเวลาในการทดสอบประสิทธิภาพของอิฐบล็อกที่อายุ 28 วัน เพราะช่วงเวลาดังกล่าวอยู่ในช่วงที่อิฐบล็อกมีการพัฒนาคงที่

3. ควรมีการศึกษาวัสดุเหลือใช้ชนิดอื่นๆ ซึ่งอาจจะช่วยปรับปรุงคุณสมบัติของอิฐบล็อกได้ดีกว่า และเป็นแนวทางในการศึกษาค้นคว้าต่อไป

4. ควรมีการศึกษาขนาดทดลองก่อนที่จะศึกษาจากขนาดที่ใช้จริงเพื่อให้ผลการทดลองมีความละเอียดมากขึ้น

บรรณานุกรม

ชัย จาตุรพิทักษ์กุล. (2555). (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก **ระยะเวลาของการบ่ม.** http://www.thaitca.or.th/index. วันที่สืบค้น 13/11/2555

บุรฉัตร ฉัตรวีระ ทวิสัณห์ คงทรัพย์. (2545). **ความทนทานของคอนกรีตผสมเถ้าแกลบดำจากโรงสีข้าว.** วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ. 25: 4 หน้า 373-389

บุรฉัตร ฉัตรวีระ, วัชรากร วงศ์คำจันทร์. (2544). **พฤติกรรมทางกลของคอนกรีตผสมเถ้าแกลบละเอียด.** วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ. 24: 3 หน้า 327-342

พงศ์พัน วรสุนทโรสก. (2521). **วัสดุก่อสร้าง.** ซีเอ็ดยูเคชั่นจำกัด: กรุงเทพ หน้า 87

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก **ผลิตภัณฑ์จากขี้เลื่อย** http://app.tisi.go.th/otop/pdf_file/tcps236_47.pdf. วันที่สืบค้น 10/04/2555

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก **วิธีการชักตัวอย่างและการทดสอบวัสดุงานก่อซึ่งทำด้วยคอนกรีต มอก.109** http://www2.dede.go.th/tis54/fulltext/TIS109-2517.pdf วันที่สืบค้น 03/04/2555

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.58-2533 (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก http://www2.dede.go.th/tis54/fulltext/TIS109-2517.pdf วันที่สืบค้น 03/04/2555

วินิต ช่อวิเชียร. (2539). **คอนกรีตเทคโนโลยี.** พิมพ์ครั้งที่8 ป. สัมพันธ์พาณิชย์: กรุงเทพ หน้า 56

ศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง อุปวิทย์ สุวคันธกุล และสุดใจ เหง้าสีไพร. (2550). **การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัสดุผสม สำหรับคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าว.** วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา หน้า 77-87

สมปอง สง่าแสง. (2534). **คอนกรีตเสริมเหล็กทฤษฎีหน่วยแรงใช้งานวัสดุก่อสร้าง.** กรุงเทพฯ : การศาสนา หน้า 21

สราวุธ เทศศิริ. (2550). **การศึกษาคุณสมบัติของมอร์ต้าร์ผสมเถ้าลอย และเถ้าขี้เลื่อยไม้ยางพารา.** ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ หน้า 16

ภาคผนวก

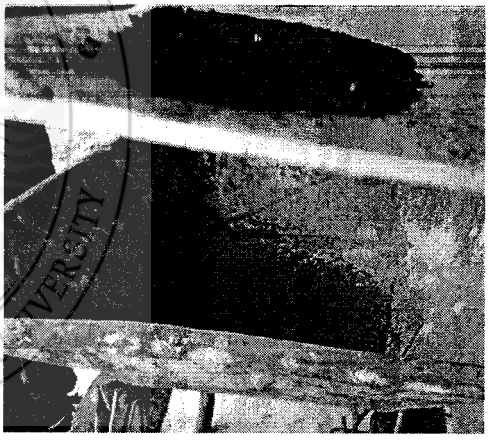
ภาคผนวก ก

ภาพการทดลองและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

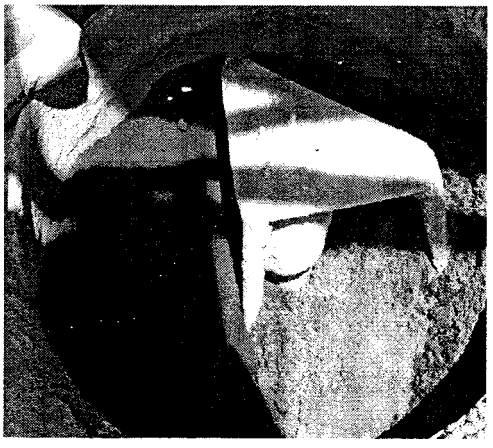
ภาพที่ ก-1 เถ้าแกลบ

ภาพที่ ก-2 เถ้าขี้เลื่อย

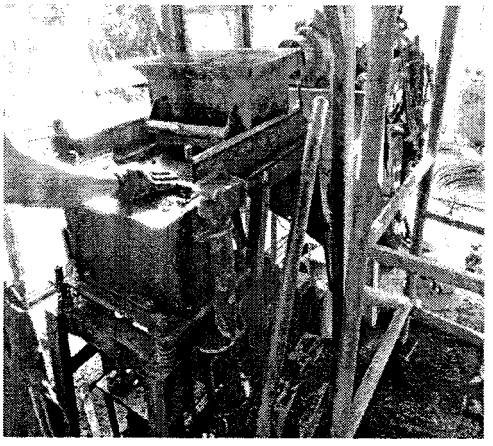
ภาพที่ ก-3 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1



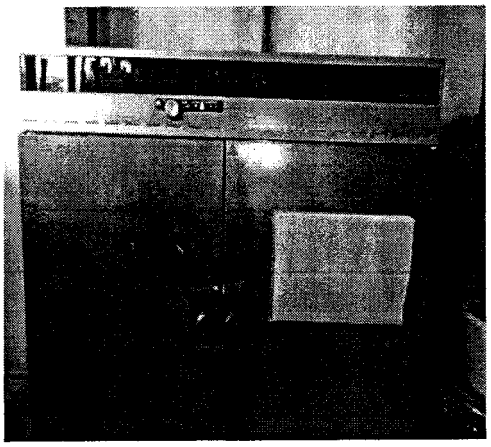
ภาพที่ ก-4 ตะแกรงร่อน



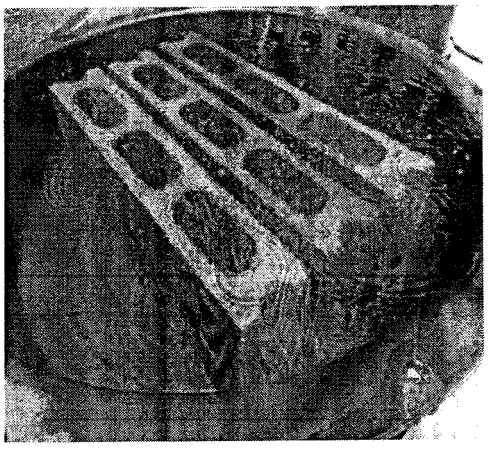
ภาพที่ ก-5 เครื่องผสมคอนกรีต



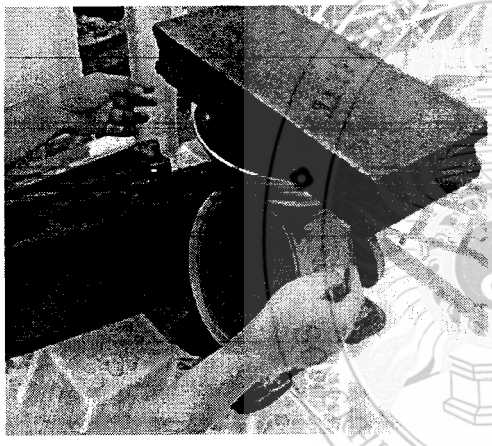
ภาพที่ ก-6 เครื่องอัดอิฐบล็อก



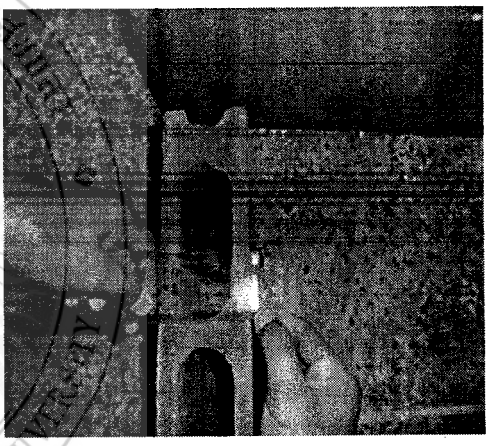
ภาพที่ ก-7 ตู้อบ (Oven)



ภาพที่ ก-8 กะละมังสำหรับแช่น้ำ



ภาพที่ ก-9 เครื่องชั่ง



ภาพที่ ก-10 ไม้บรรทัดวัดขนาด

ภาคผนวก ข

แบบเสนอโครงการวิจัย

วิจัยเฉพาะทาง (4003002)

โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1. ชื่อโครงการวิจัย การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยสำหรับอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนัก

2. ปีการศึกษา 2553

3. สาขาวิชาที่ทำการวิจัย โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

4. ผู้วิจัย

4.1 นายวิจิตร พรมสุวรรณ
ศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4
โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

4.2 นางสาววาซินีย์ หลำเบ็นสะ
ศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4
โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

5. อาจารย์ที่ปรึกษา

5.1 อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

อาจารย์นัดดา โปดำ

5.2 อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

อาจารย์หิรัญวดี สุวิบูรณ์

6. รายละเอียดเกี่ยวกับโครงการ

6.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

คอนกรีตนับเป็นวัสดุก่อสร้างที่ได้รับความนิยมในประเทศไทย แต่จากสภาพเศรษฐกิจที่ถดถอยอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540 ทำให้แนวทางในการผลิตคอนกรีตเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมอย่างชัดเจน โดยเปลี่ยนจากการผลิตคอนกรีตที่ใช้ปูนเป็นวัสดุประสานเพียงอย่างเดียวมาเป็นการใช้วัสดุผสมทดแทนปูนซีเมนต์ โดยยังคงรักษาคุณภาพของคอนกรีตไว้ตามมาตรฐาน และวัสดุที่นำมาผสมนั้นจะต้องมีส่วนช่วยปรับปรุงคุณภาพของคอนกรีตให้ได้คุณสมบัติเป็นไปตามมาตรฐาน มอก.58-2533 (บุรฉัตร ฉัตรวีระ 2545) จากการศึกษาถึงวัสดุในปัจจุบันนั้นได้มีการประยุกต์ใช้เส้นใยธรรมชาติ มาใช้เป็นเส้นใยเสริมแรงในวัสดุ เนื่องจากเส้นใยธรรมชาติมีองค์ประกอบทางเคมีหลายชนิด (ศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง, อุปวิทย์ สุวคันธกุล และสุดใจ เหง้าสีไพร 2550) จึงเหมาะสำหรับการนำมาพัฒนาทำเป็นวัสดุปอซโซลาน วัสดุปอซโซลานมีสารจำพวกซิลิกา และอลูมินาปนอยู่ เมื่อนำวัสดุดังกล่าวไปเป็นตัวประสานในขั้นตอนการผลิตปูนซีเมนต์ด้วยอัตราส่วนที่เหมาะสม สารเหล่านี้จะทำปฏิกิริยาเพิ่มเติมกับปฏิกิริยาไฮเดรชัน ทำให้ปูนซีเมนต์มีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น เมื่อนำปูนซีเมนต์ไปใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง ไม่ว่าจะเป็นปูนก่อ ปูนฉาบ หรือนำไปแทนที่ปูนซีเมนต์เพื่อผลิตเป็นคอนกรีต นอกจากจะช่วยลดต้นทุน และเพิ่มประสิทธิภาพของปูนซีเมนต์แล้ว ยังช่วยลดปัญหาผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม (สำเริง รักซ้อน ออนไลน์)

ปัจจุบันวัสดุเหลือทิ้งภาคการเกษตรและอุตสาหกรรมมีหลายชนิด เช่น เถ้าแกลบและเถ้าขี้เลื่อย ซึ่งพบว่าเถ้าแกลบเป็นวัสดุที่มีปริมาณซิลิกาสูง(silica) ประมาณ 86.9-97% (ประชุม คำพุฒ 2553) เถ้าแกลบมีคุณสมบัติเป็นวัสดุปอซโซลานตามมาตรฐานASTMC618-94a โดยจัดอยู่ใน Class N (บุรฉัตร ฉัตรวีระ และณรงค์ศักดิ์ มากุล 2547) เถ้าแกลบละเอียดมีการทำปฏิกิริยาปอซโซลานิกสูง และสามารถใช้เป็นวัสดุซีเมนต์ในคอนกรีตได้ (บุรฉัตร ฉัตรวีระ และวัชรากร วงศ์คำจันทร์ 2544) จากการศึกษาสมบัติทางเคมีของเถ้าขี้เลื่อยไม้ยางพารา พบว่ามีแคลเซียมออกไซด์ (CaO) สูงเท่ากับปูนซีเมนต์ซึ่งการที่มีสารแคลเซียมออกไซด์สูง เมื่อนำเถ้าขี้เลื่อยไม้ยางพาราไปผสมกับคอนกรีตที่ผสมเถ้าลอย เถ้าขี้เลื่อยไม้ยางพารามีความละเอียดสูง สามารถใช้เป็นวัสดุปอซโซลานเพื่อทดแทนซีเมนต์ในอัตราส่วนร้อยละ10 ซึ่งส่วนผสมดังกล่าวจะสามารถรับแรงอัดได้ใกล้เคียงกับคอนกรีตทั่วไป และเถ้าขี้เลื่อยจะช่วยพัฒนากำลังอัดของวัสดุที่อายุมากขึ้นด้วย (สราวุธ เทศศิริ 2550)

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงเกิดแนวความคิดที่จะศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเถ้าแกลบผสมกับเถ้าขี้เลื่อย โดยศึกษาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมระหว่างเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อย สำหรับทำอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก และเป็นการเสริมแนวความคิดในการดึงประโยชน์ของทรัพยากรธรรมชาติมาใช้ให้คุ้มค่ามากที่สุด อัตราส่วนที่ใช้ดังกล่าวมีลักษณะและคุณสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.58-2533

6.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยสำหรับทำอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนัก
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยในการทำอิฐบล็อกไม่รับหนัก

6.3 ตัวแปร

ตัวแปรต้น : อัตราส่วนเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อย

ตัวแปรตาม : กำลังต้านแรงอัด การดูดกลืนน้ำ ความชื้น และการเปลี่ยนแปลงความยาว

ตัวแปรควบคุม : ปริมาณปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ทราย และน้ำ

6.4 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

ขี้เลื่อย หมายถึง ผงไม้ที่เกิดจากการตัดไม้ด้วยเลื่อยหรือเกิดจากการขัดไม้ด้วยกระดาษทรายหรือเครื่องขัด โดยอาจนำไปบดให้ละเอียดก่อนนำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์ (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 2547)

เถ้าแกลบ หมายถึง แกลบจากโรงสีข้าวที่ผ่านการเผาไหม้จนเป็นเถ้าที่มีสีเทาหรือสีดำ(บุระฉัตร ฉัตรวีระ 2547)

คอนกรีตบล็อก หรือ อิฐบล็อก หมายถึง ก้อนคอนกรีตทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ น้ำ วัสดุผสมที่เหมาะสมชนิดต่างๆ และจะมีสารอื่นผสมอยู่ด้วยอื่นหรือไม่ก็ได้ สำหรับก่อผนังหรือกำแพง มีรูหรือโพรงขนาดใหญ่ทะลุตลอดก้อน และมีพื้นที่หน้าตัดสุทธิที่ระนาบขนานกับผิวธารน้อยกว่าร้อยละ75 ของพื้นที่หน้าตัดรวมที่ระนาบเดียวกัน (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.58-2533)

คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก (hollow non-load-bearing concrete masonry unit) หมายถึง คอนกรีตบล็อกใช้สำหรับผนังที่ออกแบบไม่รับน้ำหนักบรรทุกใดๆ นอกจากน้ำหนักตัวเอง (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.58-2533)

อิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อย คือ ก้อนคอนกรีตทำจากปูนซีเมนต์ ทราย น้ำ และที่มีส่วนผสมของเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อย ในอัตราส่วนที่เหมาะสม ใช้สำหรับก่อผนังหรือกำแพงที่ออกแบบไม่รับน้ำหนักบรรทุกใดๆ นอกจากน้ำหนักตัวเอง

6.5 สมมติฐาน

อิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยมีประสิทธิภาพได้มาตรฐาน มอก.58-2533 เรื่อง คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

6.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบกระบวนการผลิตอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อย
2. เป็นแนวทางในการศึกษาค้นคว้าการทำอิฐบล็อกจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและเป็นการเพิ่มมูลค่าให้เกษตรกรมีรายได้มากขึ้น
3. พัฒนาผลิตภัณฑ์ด้านวัสดุในงานก่อสร้างที่ช่วยประหยัดพลังงาน
4. ช่วยลดปัจจัยเสี่ยงและชะลอการเกิดสภาวะโลกร้อน

6.7 ระยะเวลาที่ทำการวิจัย

มิถุนายน 2555 – กันยายน 2555

6.8 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

6.8.1 ประเภทและความหมายของอิฐบล็อก

6.8.1.1 คอนกรีตบล็อก หรือ อิฐบล็อก (Concrete Block) อิฐบล็อกทำจากส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์กับทราย ซึ่งเป็นอิฐที่มีความนิยมใช้ในงานก่อสร้างเช่นเดียวกับอิฐมอญ เนื่องจากมีราคาถูก และก่อสร้างได้รวดเร็ว ข้อเสียคือไม่ค่อยแข็งแรง ส่วนคอนกรีตบล็อกทำจากส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์กับหิน และทราย เป็นวัสดุก่อสร้างประเภทวัสดุก่อ สำหรับการก่อสร้างผนังอาคารทั่วไปที่ได้รับความนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศ โดยมีลักษณะเป็นก้อนสี่เหลี่ยมขนาดโดยประมาณ 20 x 40 ซม. หนาระหว่าง 7 – 20 ซม. คอนกรีตบล็อกที่ทำการผลิตนั้นสามารถที่จะเลือกใช้ได้ทั้ง 2 ประเภท คือ

1. คอนกรีตบล็อกชนิดที่รับน้ำหนัก คือ คอนกรีตบล็อกแบบชนิดรับน้ำหนักจะมีลักษณะเป็นแท่งผิวเรียบ มีรูตรงกลางในแนวตั้ง

2. คอนกรีตบล็อกชนิดที่ไม่รับน้ำหนัก คือ คอนกรีตบล็อกแบบที่ไม่รับน้ำหนัก หรือที่เรียกว่า Screen Block จะเป็นบล็อกที่มีลักษณะเป็นลวดลาย เมื่อทำการก่อแล้วสามารถที่จะเกิดเป็นลวดลายหรือให้แดดลมผ่านได้ นิยมเรียกเป็นภาษาชาวบ้านทั่วไปว่า "บล็อกช่องลม"

6.8.1.2 อิฐมอญ หรืออิฐก่อสร้างสามัญ หรืออิฐมาตรฐาน เป็นอิฐที่เกิดจากการนำวัตถุดิบหลายชนิดมาผสมเข้าด้วยกัน เช่น ดินเหนียว, ทราย และเชื้อเพลิงต่างๆ เช่น ฟืน หรือแกลบ จากนั้นทำการขึ้นรูปโดยการปั้นเป็นก้อน หรือการใช้เครื่องจักรในการผลิต จากนั้นทำการเผาอิฐ ซึ่งโดยทั่วไปจะนิยมใช้แกลบในการเผา เนื่องจากใช้ระยะเวลาน้อยกว่า

6.8.1.3 คอนกรีตมวลเบาหรืออิฐมวลเบา เป็นวัสดุก่ออีกชนิดหนึ่ง ซึ่งกำลังเป็นที่นิยมใช้ในงานก่อสร้าง เนื่องจากมีคุณสมบัติเด่นในเรื่องของวัสดุที่สามารถที่จะใช้งานได้ดีในสภาวะสภาพอากาศที่รุนแรง มีน้ำหนักเบาทำให้สามารถประหยัดขนาดของโครงสร้าง และมีคุณสมบัติเป็นฉนวนป้องกันความร้อนได้ดี โดยผลิตมาจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์, ทราย, ยิปซั่ม ผสมกับน้ำ และผงอลูมิเนียม

6.8.1.4 อิฐประสาน หรืออิฐดินซีเมนต์ อิฐประสานเป็นอิฐที่มีชื่อเรียกอีกหลายชื่อ ได้แก่ อิฐบล็อกประสาน, อิฐดินซีเมนต์, อิฐคงทอง และอิฐดินแดง เป็นต้น เนื่องจากมีผู้ผลิตสินค้าประเภทดังกล่าวอยู่หลายราย และอยู่ในระหว่างการพัฒนาในเรื่องของรูปแบบและคุณสมบัติ จึงมีขนาดและรูปร่างที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งรูปแบบจะมีลักษณะคล้ายกับอิฐก่อทั่วไป แต่จะมีขนาดใหญ่กว่ามาก เนื่องจากใช้เป็นระบบผนังในการรับน้ำหนัก (Bearing Wall) ซึ่งมีลักษณะแตกต่างต่างกันกับอิฐก่อโดยทั่วไป โดยวัตถุดิบที่นิยมนำมาใช้ในการผลิต ได้แก่ ปูนซีเมนต์, หินฝุ่น,ทราย และดินลูกรัง

6.8.2 คุณสมบัติของอิฐบล็อก

6.8.2.1 คุณสมบัติคอนกรีตสด (Fresh concrete)

คุณสมบัติคอนกรีตสดจะมีผลโดยตรงกับคุณสมบัติของคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว ดังนั้นคุณสมบัติของคอนกรีตสดที่ต้องการ ได้แก่ ความสม่ำเสมอของส่วนผสม ความง่ายในการลำเลียงและขนส่ง การทำงานที่สะดวก โดยที่สามารถเทลงแบบและอัดแน่นได้ง่าย โดยไม่เกิดการแยกแยะ คุณสมบัติของคอนกรีตสดขึ้นอยู่กับส่วนผสมของคอนกรีต ได้แก่ ปริมาณน้ำ อัตราส่วนผสม คุณสมบัติของมวลรวม ชนิดของปูนซีเมนต์และสารผสมเพิ่ม นอกจากนี้คุณสมบัติของคอนกรีตสดยังขึ้นอยู่กับระยะเวลาและอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ได้แก่ ความชื้น และอุณหภูมิ เป็นต้น

6.8.2.2 คุณสมบัติคอนกรีตเมื่อแข็งตัวแล้ว

ปฏิกิริยาไฮเดรชั่นจะทำให้คอนกรีตเริ่มก่อตัวและแข็งตัว มวลรวมและซีเมนต์เพสต์จะยึดเกาะกันแน่นขึ้น และคอนกรีตจะมีความสามารถในการรับแรงกระทำจากภายนอก กำลังรับแรงของคอนกรีตเป็นคุณสมบัติของคอนกรีตที่วิศวกรให้ความสำคัญมากที่สุด ทั้งนี้เพราะการทดสอบกำลังรับแรงทำได้ง่าย และคุณสมบัติอื่นของคอนกรีตมีความสัมพันธ์กับกำลังรับแรง คอนกรีตที่มีกำลังรับแรงดีจะมีคุณสมบัติทางด้านอื่นดีด้วย โดยทั่วไปจึงใช้กำลังรับแรงเป็นตัวชี้บ่งคุณสมบัติของคอนกรีต

1. กำลังอัดของคอนกรีต

คุณสมบัติที่สำคัญที่สุดของคอนกรีต ก็คือคุณสมบัติในการต้านทานแรงอัด (Compressive strength) ได้สูง กำลังอัดของคอนกรีตขึ้นกับส่วนผสมของวัสดุในคอนกรีต และวิธีทำคอนกรีต เช่น การผสม การเท และการบ่มคอนกรีต ตลอดจนอายุของคอนกรีต กำลังอัดประลัยของคอนกรีต f_c' ถือเอาจากผลการทดสอบแท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอกมาตรฐานที่อายุ 28 วัน หลังจากหล่อแล้วเป็นเกณฑ์ สำหรับคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ให้กำลังสูงเร็ว จะทดสอบ f_c' ที่อายุ 3 วัน

2. กำลังดึงของคอนกรีต

คุณสมบัติของคอนกรีตในการต้านทานแรงดึง (Tension strength) นั้นต่ำมาก กำลังดึงของคอนกรีต มีค่าประมาณ 7-10 % ของ f_c' ด้วยเหตุนี้การออกแบบงานโครงสร้างคอนกรีตโดยทั่วไปจึงไม่ได้นำเอาค่ากำลังดึงของคอนกรีตมาใช้ประโยชน์ แต่จะใช้เหล็กเสริมเข้า

ไปในคอนกรีตเพื่อทำหน้าที่ในการต้านทานแรงดึงที่เกิดขึ้น กำลังดึงของคอนกรีตอาจหามาได้ 3 วิธี คือ

2.1 ทดสอบโดยการดึงโดยตรง (Direct tension test) ข้อเสียของวิธีนี้คือ การเยื้องศูนย์เพียงเล็กน้อย และการเกิดหน่วยแรงเฉพาะจุดของเครื่องมือ จะทำให้ผลของการทดสอบผิดพลาด

2.2 การทดสอบโดยการกดแท่งทรงกระบอกให้แยกผ่าซีก (Split cylinder test) เป็นวิธีที่ใช้มากที่สุด โดยการกดแท่งคอนกรีตทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 30 ซม. ให้แยกผ่าซีก

2.3 โมดูลัสของการแตกหัก (Modulus of rupture) ทดสอบโดยการกดให้คานคอนกรีตล้วนเกิดการแตกหัก เมื่อทราบค่าโมเมนต์ที่ทำให้เกิดการแตกหักแล้ว สามารถคำนวณหาโมดูลัสของการแตกหักได้ จากทฤษฎีของกำลังวัสดุ $f_r = \frac{Mc}{I}$

3. การคืบและการหดตัว

3.1 การคืบ (Creep) เป็นคุณสมบัติของคอนกรีตในลักษณะที่มีการเปลี่ยนรูปภายใต้น้ำหนักบรรทุกคงค้างที่คงที่เป็นเวลานานในช่วงอิลาสติก

3.2 การหดตัว (Shrinkage) เป็นคุณสมบัติของคอนกรีตเมื่อมีการสูญเสียน้ำ การหดตัวจะขึ้นอยู่กับลักษณะการสัมผัสของคอนกรีต (สัมผัสกับลม อากาศแห้ง หรืออากาศชื้น) เช่น การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ความชื้น และชนิดของวัสดุผสม

6.8.2.3 ลักษณะของอิฐบล็อกที่ต้องการ

1. ลักษณะทั่วไป คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักทุกก้อน ต้องแข็งแรง ปราศจากรอยแตกร้าว หรือส่วนเสียอื่นใดอันเป็นอุปสรรคต่อการก่อคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักอย่างถูกต้อง หรือทำให้สิ่งก่อสร้างเสียกำลัง หรือความคงทนถาวร รอยร้าวเล็กน้อยที่มักจะเกิดขึ้นในกรรมวิธีผลิตตามปกติ หรือรอยปริเล็กน้อย เนื่องจากวิธีการขนย้าย หรือขนส่งอย่างธรรมดาจะต้องไม่เป็นสาเหตุอ้างในการไม่ยอมรับ

2. คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ซึ่งต้องการฉาบปูนหรือแต่งปูนต้องมีผิวหน้าหยาบพอสมควรแก่การจับยึดของปูนฉาบหรือปูนแต่งได้อย่างดี

3. คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ซึ่งต้องการก่อแบบผิวเผย จะต้องไม่มีรอยบิ่น รอยร้าว หรือตำหนิอื่นๆ

4. ความต้านทานแรงอัดและการดูดกลืนน้ำ ของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักเมื่อส่งถึงที่ก่อสร้างดังแสดง (ตารางที่ 1) การทดสอบให้ปฏิบัติตาม มอก.109

5. ปริมาณความชื้น (เฉพาะคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักประเภทควบคุมความชื้น) เมื่อส่งถึงที่ก่อสร้างดังแสดง (ตารางที่ 2)

ตารางที่1 ความต้านทานแรงอัด

ความต้านทานแรงอัดต่ำสุด (เมกะพลาสคัส) เฉลี่ยจากพื้นที่รวม	
เฉลี่ยจากคอนกรีตบล็อก 5 ก้อน	**คอนกรีตบล็อกแต่ละก้อน**
2.5	2.0

ที่มา. จากมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก, ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (1619), 2533

ตารางที่2 ความชื้น (เฉพาะคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักประเภทควบคุมความชื้น)

การหดตัวทางยาว (ร้อยละ) [1]	**ความชื้นสูงสุด ร้อยละของการดูดกลืนน้ำทั้งหมด (เฉลี่ยจากคอนกรีตบล็อก 5 ก้อน)**		
	ความชื้นสัมพัทธ์รายปีเฉลี่ย (ร้อยละ) [2]		
	น้อยกว่า 50	**50 ถึง 75**	**มากกว่า 75**
0.03 และ น้อยกว่า	35	40	45
มากกว่า 0.03 ถึง 0.045	30	35	40
มากกว่า 0.045	25	30	35

หมายเหตุ

1) ทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีทดสอบการหดแห้งของคอนกรีตบล็อก (ในกรณีที่ยังมิได้มีการประกาศกำหนดมาตรฐานดังกล่าวให้เป็นไปตาม ASTM C426) และทดสอบก่อนกำหนดจำหน่ายไม่เกิน12 เดือน

2) อาศัยสถิติตามประกาศของกรมอุตุนิยมวิทยาสำหรับสถานีที่ใกล้แหล่งผลิตมากที่สุด

ที่มา. จากมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก, ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (1619), 2533

6.8.3 ทฤษฎีวัสดุของอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักที่ใช้ทดลอง

6.8.3.1 ปูนซีเมนต์ที่ผลิตในประเทศไทย

1. ปูนซีเมนต์ผสมหรือปูนซีเมนต์ซิลิกา

1.1 ปูนซีเมนต์ตราเสือ คือ ปูนซีเมนต์ชนิดพิเศษมีทรายประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ บดละเอียดรวมอยู่ด้วยมีคุณภาพทดสอบได้แรงตามมาตรฐานอังกฤษ (ordinary portland cement BSS 12 – 1958) ปูนซีเมนต์ตราเสือนี้ใช้ในงานที่ไม่สู้สำคัญนักไม่ยึดหดมากเมื่อทำคอนกรีต มีราคาถูก และมีแรงดีพอสมควร

1.2 ปูนซีเมนต์ตารูเห่า เป็นปูนซีเมนต์ที่ผลิตขึ้นให้มีผลในทางประหยัด และเหมาะสำหรับใช้สร้างอาคาร ตึกแถว งานทำกระเบื้อง หล่อถัง หล่อท่อ เทพื้นคอนกรีต และอาคารคอนกรีตทั่ว ๆ ไป มีคุณภาพตามมาตรฐาน ASTMX340.58T และ federal specification SS – C – 208b ถุงกระดาษที่ใช้บรรจุพิมพ์ด้วยสีน้ำเงิน

1.3 ปูนซีเมนต์ตรานกอินทรีย์ เป็นปูนซีเมนต์ที่ผลิตขึ้นโดยใช้วัสดุจำพวกซิลิกาบดละเอียดผสมกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เมื่อใช้ทำคอนกรีตปูนก่อ หรือปูนฉาบ จะมีการยึดหดตัวน้อย การแข็งตัว ระยะแรกช้ากว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ตราเพชร แต่เมื่อแข็งตัวแล้วก็จะมีกำลังตามเกณฑ์ปกติเช่นเดียวกัน เหมาะสำหรับทำผลิตภัณฑ์คอนกรีตโดยทั่วไปและงานก่อสร้างที่ไม่เร่งรัด

2. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

2.1 ปูนซีเมนต์ตราช้าง คือ ปูนซีเมนต์ชนิดธรรมดาผลิตตามมาตรฐานอังกฤษคือ oridinary portland cement: 1058 และตามมาตรฐานอเมริกัน คือ ASTM.C.150 – 53ใช้ในงานก่อสร้างทั่วไปตามความนิยมของผู้ออกแบบ เพราะแรงที่เกิดขึ้นโดยปูนซีเมนต์ชนิดนี้สม่ำเสมอไม่เปลี่ยนแปลง

2.2 ปูนซีเมนต์ตราพญานาคเศียรเดียว เป็นปูนซีเมนต์ชนิดปอร์ตแลนด์มีคุณภาพตามมาตรฐานของอเมริกา คือ federal specification SS.C. 192b และ ASTM.C. 150 – 60 และมาตรฐานอังกฤษ B.s. 12: 1958 ถุงกระดาษที่ใช้บรรจุปูนซีเมนต์แบบนี้พิมพ์ด้วยสีเขียว ปูนซีเมนต์ตราพญานาคเศียรเดียวนี้มีคุณภาพสูง เหมาะสำหรับงานคอนกรีตเสริมเหล็กที่ต้องการกำลังสูง ๆ การใช้ปูนซีเมนต์ตรานี้ทำให้ลดค่าใช้จ่ายลง เพราะทุ่นค่าปูนซีเมนต์มากกว่าใช้ปูนซีเมนต์ตราอื่น ๆ ในท้องตลาด

2.3 ปูนซีเมนต์ตราเพชร เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่ผลิตตามกำหนดรายการมาตรฐานอเมริกัน ASTM.C.150 type 1 เหมาะสำหรับงานคอนกรีตเสริมเหล็กที่ต้องการกำลังสูงซึ่งใช้ในการก่อสร้างทั่วไปตลอดจนการทำผลิตภัณฑ์คอนกรีตทุกชนิด

2.4 ปูนซีเมนต์ตราพญานาค 7 เศียร เป็นปูนซีเมนตร์ปอร์ตแลนด์มีคุณภาพเหมือนกับแบบ 1 แต่ผลิตเป็นพิเศษ โดยจะเกิดความร้อนขณะผสมต่ำกว่าชนิดอื่น (moderateheatcement) มีคุณภาพตามมาตรฐาน ASTM.C. 130 – 60 และ B.S.1370: 1958 ถุงกระดาษที่ใช้บรรจุปูนซีเมนต์แบบนี้พิมพ์ด้วยสีเขียวเช่นกัน ปูนซีเมนต์แบบนี้เหมาะสำหรับงานที่ต้องเทคอนกรีตคราวละมาก ๆ และกำแพงหนา ๆ โดยไม่ทำให้เกิดการแตกร้าว

2.5 ปูนซีเมนต์ตราปลาฉลาม เป็นปูนซีเมนต์ที่ผลิตขึ้นเพื่อใช้ผสมคอนกรีต แล้วจะทำให้มีความแกร่งไม่สึกกร่อนหรือสลายตัว เมื่อคอนกรีตนี้ถูกต้องกับน้ำเกลือ เหมาะสำหรับใช้เทในดินหรือในบริเวณที่มีส่วนผสมของน้ำเกลืออยู่ด้วย มีคุณภาพตามมาตรฐานของ federal specification SS.C. 192 b และ ASTM.C. 150 – 6 ถุงกระดาษที่ใช้บรรจุปูนซีเมนต์แบบนี้พิมพ์ด้วยสีดำ ปูนซีเมนต์แบบนี้เหมาะอย่างยิ่งสำหรับใช้ในงานคอนกรีตที่อยู่กับดินเค็ม เช่น ชายทะเล

3. ปูนซีเมนต์แข็งตัวเร็ว

3.1 ปูนซีเมนต์ตราเอราวัณ คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดแข็งตัวและรับแรงได้เร็วผลิตตามมาตรฐานอังกฤษ คือ Rapid hardening portland cement B.S. 12: 1958 และตามมาตรฐานอเมริกัน คือ ASTM.C.150 – 63 เหมาะสำหรับใช้ในงานคอนกรีตหรือปูนทรายที่จะให้รับแรงได้เร็วขึ้น ทุ่นเวลาการถอดแบบรับกำลังได้มาก

3.2 ปูนซีเมนต์ตราพญานาคเศียรเดียว สีแดง ชนิดแข็งตัวเร็ว เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ชนิดที่ผลิตขึ้นใช้กับคอนกรีตที่ต้องการให้แข็งตัวเร็วและรับน้ำหนักได้เร็วกว่าปูนแบบอื่นมีคุณภาพตามมาตรฐาน ASTM.C 150 – 50 และ B.S. 12: 1958 ถุงกระดาษที่ใช้บรรจุปูนซีเมนต์แบบนี้พิมพ์ด้วยสีแดงเหมาะสำหรับใช้ในงานหล่อฐานรากที่มีน้ำซึมงานคอนกรีตที่เทในน้ำ งานหล่อเข็มคอนกรีตและงานหล่อเสาไฟฟ้าสูง ๆ เป็นต้น เพราะถอดแบบได้เร็วกว่าใช้ปูนซีเมนต์ชนิดอื่น

3.3 ปูนซีเมนต์ตราสามเพชร เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่เกิดแรงสูงเร็วผลิตตามกำหนดรายการมาตรฐานอเมริกัน ASTM.C.150 ปูนซีเมนต์ชนิดนี้มีเนื้อละเอียดกว่า

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา จึงเกิดแรงสูงเร็วกว่า เหมาะสำหรับใช้ในการก่อสร้างที่ต้องการกำลังสูงและต้องกระทำอย่างเร่งรีบ

6.8.3.2 ประเภทของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (Portland cement)

โดยสมาคมทดสอบวัสดุอเมริกัน (ATM.C.150) (type I-V) และสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของประเทศไทย (ม.อ.ก. 15) แบ่งปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ 5 ประเภทคือ

1. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา (Normal Portland Cement) ใช้สำหรับลักษณะงานธรรมดาที่ไม่ต้องการคุณสมบัติพิเศษ ได้แก่ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ตราช้าง ตราพญานาคสีเขียว และตราเพชรเม็ดเดียว

2. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ดัดแปลง (Modified Portland Cement) สำหรับใช้ในการทำคอนกรีตที่ต้องการลดอุณหภูมิเนื่องจากสภาพอากาศที่มีอุณหภูมิสูง งานคอนกรีตเหลา หรือผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เกิดความร้อนและทนซัลเฟตได้ปานกลาง เช่น งานสร้างเขื่อนคอนกรีต กำแพงดินหนา ๆ หรือท่อคอนกรีตขนาดใหญ่ ๆ ตอม่อ ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราพญานาคเจ็ดเศียร

3. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ความแข็งแรงสูงโดยเร็ว (High-Early-Strength-Portland Cement) หรือปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ปูนซีเมนต์ให้กำลังสูงในระยะแรกมีเนื้อเป็นผงละเอียดกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา มีประโยชน์สำหรับคอนกรีตที่จะต้องใช้งานเร็ว หรือรื้อแบบได้เร็ว เช่น เสาเข็มคอนกรีต ถนน พื้น และคานที่ต้องถอดแบบเร็ว เป็นต้น ปูนประเภทนี้ ได้แก่ ปูนตราเอราวัญ ตราพญานาคสีแดง และตราสามเพชร

4. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดเกิดความร้อนต่ำ (Low-Heat Portland Cement) สามารถลดปริมาณความร้อนเนื่องจากการรวมตัวของปูนซีเมนต์กับน้ำซึ่งจะสามารถลดการขยายตัวและหดตัวของคอนกรีตภายหลังการแข็งตัว ใช้มากในการสร้างเขื่อน เนื่องจากอุณหภูมิของคอนกรีตต่ำกว่างานชนิดอื่นไม่เหมาะสำหรับโครงสร้างทั่วไปเพราะแข็งตัวช้า

5. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ชนิดทนซัลเฟตได้สูง (Sulfate-Resistant Portland Cement) ใช้ในบริเวณที่น้ำหรือดิน มีค่าด่างสูง มีระยะการแข็งตัวช้า และมีการกระทำของวัลเฟตอย่างรุนแรง ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราปลาฉลาม

6.8.3.3 องค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

ชื่อของสารประกอบ	ส่วนประกอบทางเคมี	ชื่อย่อ
ไตรแคลเซียม ซิลิเกต	3 CaO. SiO_2	C_3S
ไดแคลเซียม ซิลิเกต	2 CaO. SiO_2	C_2S
ไตรแคลเซียม อะลูมิเนต	3 CaO. Al_2O_3	C_3A
เตตตราแคลเซียม อะลูมิโน เฟอไรต์	4 CaO. Al_2O_3. Fe_2O_3	C_4AF

C_3S ทำให้ปูนซีเมนต์มีกำลังรับแรงได้เร็วภายใน 14 วัน

C_2S ทำให้ปูนซีเมนต์มีกำลังรับแรงได้ช้า ความร้อนเกิดขึ้นบ่อย

C_3A ทำให้ปูนซีเมนต์เกิดปฏิกิริยาเริ่มแข็งตัวเกิดความร้อนสูง มีกำลังรับแรงเร็ว

C_4AF มีผลน้อยให้ความแข็งแรงเล็กน้อยเติมเข้าไปเพื่อลดความร้อนที่เกิดขึ้น

6.8.3.4 ปอซโซลาน

ปอซโซลานเป็นวัสดุที่มีส่วนประกอบทางเคมีส่วนใหญ่เป็น ซิลิกา หรือซิลิกาและอะลูมินา มีสมบัติในการยึดประสานเล็กน้อยหรือไม่มีเลย แต่เมื่อบดจนเป็นผงละเอียดจะสามารถทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์หรือปูนขาวที่อุณหภูมิปกติ และเมื่อมีความชื้นแล้วเกิดเป็นสารประกอบซึ่งมีสมบัติในการยึดประสาน

ปอซโซลานเป็นวัสดุที่ถูกนำมาใช้ในการก่อสร้างมาตั้งแต่สมัยโบราณกว่า 2,000 ปีแล้ว และในปัจจุบันก็ยังเป็นที่นิยมกันอยู่ ในสมัยโบราณได้นำเอาวัสดุพวกปอซโซลาน เช่น เถ้าจากภูเขาไฟ มาผสมกับปูนขาวเพื่อผลิตเป็นปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก (hydraulic cement) มีรายงานว่าได้มีการใช้ส่วนผสมของปอซโซลาน 2 ส่วน ต่อปูนขาว 1 ส่วนมาใช้ในการก่อสร้าง โดยมีไขมัน นม และเลือดจากสัตว์ เป็นวัสดุผสมเพิ่ม เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพในการใช้งาน และสิ่งก่อสร้างที่ทำจากปอซโซลานนั้นก็ยังมีความคงทนมาจนถึงทุกวันนี้

วัสดุจำพวกปอซโซลานที่นำมาใช้ประโยชน์มีที่มาจาก 2 แหล่งได้แก่ ปอซโซลานจากธรรมชาติ (natural pozzolan) และปอซโซลานที่ได้จากขบวนการผลิต (artificial pozzolan) ปอซโซลานที่มาจากธรรมชาติได้แก่ ไดอะตอมมาเชียสเอิร์ธ (diatomaceous earth) เถ้าภูเขาไฟ เปลือกหอย หินภูเขาไฟ วัสดุเหล่านี้เมื่อจะนำไปใช้งานจะต้องนำไปผ่านขบวนการต่างๆ ก่อนจึงจะ

นำไปใช้งานได้ เช่น การเผา การบด และการทำให้แห้ง เป็นต้น ปัจจุบันได้มีการนำเอาปอซโซลาน จากธรรมชาติไปใช้ประโยชน์ในการสร้างเขื่อน และสะพาน เพื่อช่วยลดความร้อนที่เกิดขึ้นระหว่าง ปฏิกิริยาของปูนซีเมนต์กับน้ำ และช่วยเพิ่มความสามารถในการทนต่อการกัดกร่อนอันเนื่องมาจาก ซัลเฟต และช่วยในการควบคุมปฏิกิริยาระหว่างด่างกับซิลิกา นอกจากนี้ยังมีผลพลอยได้ในการลด ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างอีกทางหนึ่งด้วย

6.8.3.5 ทราย

การใช้ประโยชน์ทรายภายในประเทศส่วนมากใช้เป็นวัสดุก่อสร้างประมาณ 80% ของประมาณการใช้ทรายทั้งหมด ที่เหลืออีกร้อยละ 15 ใช้ในการอุตสาหกรรม และร้อยละ 5 เพื่อ การใช้ประโยชน์อื่น คุณสมบัติของทรายเพื่อการใช้ประโยชน์ต่างๆ สามารถสรุปได้ ดังนี้

1. ทรายก่อสร้าง เป็นวัสดุประกอบที่มีประโยชน์ในงานก่อสร้างหลายๆ ด้านได้แก่ งานคอนกรีต งานปูนก่อ งานปูนฉาบ เป็นต้น ทรายที่มีความเหมาะสมเพื่อการก่อสร้างต้องเป็น ทรายที่สะอาด มีเม็ดทรายที่แข็งทนทานต่อการสึกกร่อนและผุผัง มีมลทินหรือสารประกอบอย่างอื่น อยู่น้อยมาก โดยทั่วไปทรายที่ใช้เพื่อการก่อสร้างจะต้องมีการตรวจสอบคุณสมบัติเบื้องต้น เช่น รูปร่างของเม็ดทราย ขนาดของเม็ดทราย ลักษณะของเนื้อทรายโดยรวม การเกาะกลุ่มและการเชื่อม ประสานกันของเม็ดทราย สีของทรายและการปนเปื้อนของแร่อื่นๆ เป็นต้น

2. ทรายถม ปกติทรายที่ใช้ในการถมที่มักไม่กำหนดมาตรการที่เข้มงวด ยกเว้นใน งานถมที่มีลักษณะเฉพาะและพิเศษ เช่น การก่อสร้างสนามบิน และอาคารในพื้นที่ลุ่ม ซึ่งต้องการ ระบบระบายน้ำของวัตถุที่ไปถมที่

3. ทรายเพื่อใช้ในการอุตสาหกรรม จะต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติทั้งทางเคมีและ ฟิสิกส์เป็นอย่างมาก โดยทั่วไปคุณสมบัติเหล่านี้ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมจะเป็นผู้กำหนด ทราย ในอุตสาหกรรมของไทยส่วนมากใช้ในการทำแก้วและกระจกต่างๆ นอกจากนั้นก็นำไปใช้ในการ ทำแบบหล่อหรือแบบพิมพ์ใช้ในการกรอง ใช้ในการขัดสีหรือขัดมัน ใช้ในการฉาบผิว ใช้ใน อุตสาหกรรม ทำสี ทำอิฐ และอื่นๆ

6.8.3.6 น้ำสำหรับคอนกรีต

น้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตต้องสะอาด มีความขุ่นไม่เกิน 2,000ppm. (ส่วนในล้าน) ปราศจากกรดด่าง น้ำมัน และสารอินทรีย์อื่นๆ ในปริมาณที่จะเป็นอันตรายต่อคอนกรีตหรือเหล็ก เสริม โดยปกติน้ำประปาและน้ำจืดตามธรรมชาติส่วนใหญ่ ซึ่งไม่มีส่วนผสมของน้ำเสียจากอาคาร บ้านเรือนหรือโรงงานอุตสาหกรรม ถือว่ามีคุณภาพดีพอสำหรับงานคอนกรีต ในกรณีที่สงสัยให้ทำ

แท่งทดสอบโดยใช้น้ำที่สงสัยและเปรียบเทียบกำลังอัด (ที่อายุ 7 และ 8 วัน) ของก้อนลูกบาศ์กมอร์ตาร์ที่ทำจากน้ำที่มีคุณภาพดี (อาจใช้น้ำกลั่น) หากแท่งทดสอบที่ใช้น้ำที่สงสัยผสมให้กำลังอย่างน้อย 90 เปอร์เซ็นต์ ก็ถือว่าน้ำนั้นมีคุณภาพดีพอ

1. คุณสมบัติของน้ำ

1.1 น้ำสำหรับผสมคอนกรีต

- ต้องมีความสะอาดและมีความขุ่นไม่เกิน 2,000ppm. (ส่วนในล้าน) หรือสามารถบริโภคได้
- ต้องไม่มีกรด ด่าง น้ำมัน และสารอินทรีย์อื่นๆ เจือปนถ้ามีต้องน้อยมาก
- ไม่ควรใช้น้ำทะเลทุกๆ กรณี

1.2 น้ำสำหรับบ่มคอนกรีต

- ต้องไม่มีฝุ่น น้ำมัน และเกลือผสมอยู่มาก
- ต้องระวังไม้ให้มีสารอินทรีย์ เช่น กรดแทนนิค เจือปนเพราะจะทำให้คอนกรีตมีรอยเปื้อนล้างออกยากและถ้าบ่มนานๆ น้ำจะซึมไปเข้าไปในคอนกรีตทำให้เหล็กเสริมเกิดสนิมขึ้นมาได้
- น้ำที่ใช้ต้องไม่มีกลิ่นรุนแรงที่จะทำอันตรายต่อสุขภาพและกลิ่นนั้นต้องไม่ติดผิวคอนกรีตได้ในระยะเวลายาวนาน

2. หน้าที่หลักของน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีต

2.1 ทำหน้าที่เข้าผสมกับปูนซีเมนต์และทำปฏิกิริยาทางเคมี แล้วเกิดความร้อน ที่เรียกว่า heat of hydration ทำให้ผงซีเมนต์นั้นกลายเป็นวุ้น เป็นซีเมนต์เหนียวซึ่งเป็นตัวประสานผิวระหว่างเม็ดวัสดุผสม เกาะยึดกันแน่นเมื่อแข็งตัว

2.2 ทำหน้าที่เคลือบหินและทรายให้เปียก เพื่อให้ปูนซีเมนต์เข้าเกาะโดยรอบและแข็งตัวยึดติดกันแน่น

2.3 ทำหน้าที่หล่อลื่นให้วัสดุทั้ง 3 อย่างนี้ เกิดความเหลว สามารถเทและกระทุ้ง หรือเขย่าเข้าแบบหล่อให้เป็นรูปต่างๆ ได้

6.8.3.7 ชนิดของแกลบเถ้าแกลบ

เถ้าแกลบเป็นวัสดุที่เกิดจากการนำแกลบมาเป็นวัตถุดิบเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในโรงสีข้าวและโรงไฟฟ้า จากการศึกษาพบว่า เถ้าแกลบมีคุณสมบัติเป็นวัสดุปอซโซลานตามมาตรฐานASTM C618-94a โดยจัดอยู่ใน Class N (บุรฉัตร ฉัตรวีระ และณรงค์ศักดิ์ มากุล 2547) และมีปริมาณซิลิกา (silica) สูง แกลบเมื่อได้รับความร้อนจะสูญเสียความชื้น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เกิดการเผาไหม้และถ้ามีอากาศพอจะกลายเป็นเถ้าสีขาว การเผาแกลบในที่มีอากาศไม่เพียงพอ มีอุณหภูมิต่ำ จะได้แกลบที่มีสีดำและการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผา (LOI) สูง นอกจากนี้ต้องลดขนาดให้ละเอียดอย่างมาก จึงจะสามารถนำมาใช้ผสมปูนซีเมนต์ได้ การเผาในที่มีอากาศไม่เพียงพอ หรือระยะเวลาในการเผาสั้น ถึงแม้มีอุณหภูมิสูงก็ตาม แกลบดำที่ได้ก็ยังคงมี LOI สูง แกลบที่ผ่านการเผาอย่างสมบูรณ์มี LOI ต่ำ และมีซิลิกาสูง

เถ้าที่ได้จากการเผาไหม้ของแกลบมีองค์ประกอบที่มีซิลิกาชนิดอะมอร์ฟัส (Amorphous Silica) เป็นผลพลอยได้สามารถนำมาเพิ่มมูลค่าของเถ้าแกลบ โดยการนำมาใช้ประโยชน์ต่อไปได้ เช่น นำไปทำชิ้นส่วนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์ เซมิคอนดัคเตอร์ เป็นต้น ส่วนที่เกิดจากการเผาไหม้แกลบอย่างสมบูรณ์ที่อุณหภูมิ 800-900 องศาเซลเซียส มี 2 ประเภท คือ เถ้าลอย (Fly ash) ซึ่งมีลักษณะเล็กและเบา กับเถ้าหนัก (Bottom Ash) ในอัตราส่วน 9 : 1 โดยเถ้าที่ได้มีคุณสมบัติเป็นฉนวน (Fine Grain) หรือที่นิยมเรียกว่าขี้เถ้าแกลบ (มีปริมาณคาร์บอนเจือปนต่ำ 2-7 %) ซึ่งลักษณะโครงสร้างดังกล่าวเป็นที่ต้องการสำหรับการนำไปใช้ในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมเหล็กกล้า นอกจากนี้เถ้าแกลบที่ได้จากการเผาในอัตรา 9 ส่วน ใน 10 ส่วน ของเถ้าทั้งหมด

1. องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าแกลบ

องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าแกลบแสดงในตารางที่ ซึ่งพบว่าเถ้าแกลบมี SiO_2 สูงมากถึง ประมาณร้อยละ 90 ทำนองเดียวกัน พบว่า เถ้าแกลบที่เผามาประเทศไทยมี SiO_2 อยู่ร้อยละ 92.28 และ 91.84 ตามลำดับ ส่วนที่เหลือเป็นออกไซด์ของโซเดียม โปรแตสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก ฟอสฟอรัส และซัลเฟอร์ และค่าการสูญเสียน้ำหนัก เนื่องจากการเผา (Loss On Ignition หรือ LOI) ซึ่งตามปกติมี LOI อยู่ประมาณร้อยละ 2-5 อุณหภูมิที่ใช้ในการเผาแกลบมีผลต่อค่า LOI เพราะการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์จะทำให้เถ้าแกลบมี LOI สูงขึ้น LOI ที่อยู่ในเถ้าแกลบส่วนใหญ่จะเป็นธาตุถ่านดูดน้ำสูง และถ้ามีจำนวนมากจะทำให้กำลังของคอนกรีตลดลงได้

ตารางที่4 องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าแกลบ

สารประกอบ	เถ้าแกลบ	เถ้าแกลบขาว	เถ้าแกลบดำโรงสี
SiO_2	86.9-97.3	88.33	89.95
K_2O	0.6-2.5	2.76	1.49
Na_2O	0-1.5	0.15	0.07
CaO	0.2-1.5	0.56	0.50
MgO	0.12-1.96	0.28	0.23
Fe_2O_3	0-0.6	3.37	1.89
P_2O_5	0.2-2.9	NA	NA
SO_3	0.1-1.1	0.12	0.02
CI	0-0.4	NA	NA
Al_2O_3	NA	0.48	0.54
LOI	NA	3.71	4.70

2. การบดและลักษณะของแกลบเผาบดละเอียด

แกลบที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิที่ไม่สูงเกินไปจะยังคงรักษาความพรุนและโครงสร้างเซลล์ไว้ได้ โครงสร้างของเซลล์ที่มีลักษณะเป็นรูพรุนของแกลบเผาแล้วมีขนาดค่อนข้างใหญ่ ในการนำไปใช้จึงต้องบดเถ้าแกลบให้ละเอียด ให้มีขนาดใกล้เคียงกับขนาดของผงปูนซีเมนต์ ซึ่งเป็นความละเอียดที่นำมาใช้งานได้ดี การบดละเอียดเถ้าแกลบนิยมใช้การบดแห้งเพราะบดได้ง่ายและเร็ว แต่ทั้งนี้การบดเปียกสามารถให้เถ้าแกลบที่มีอานุภาคที่ละเอียดมาก แต่วิธีการยุ่งยากกว่า

6.8.3.8 ขี้เลื่อยและเศษไม้ยางพารา

จากรายงานของสถาบันวิจัยยางพารา พบว่า ภายหลังกระบวนการแปรรูปไม้ยางพาราเพื่อผลิตเฟอร์นิเจอร์ จะมีเศษไม้ 3.6 ล้านตัน และขี้เลื่อย 8 ล้านตัน (คู่มือพลังงานชีวมวล. ออนไลน์)

1. ลักษณะทางกายภาพ

ดนุพล อ้างถึงใน สราวุธ เทศศิริ (2550) ได้กล่าวว่า อนุภาคของเถ้าขี้เลื่อยไม้ยางพารามีขนาดเฉลี่ยใหญ่กว่าเถ้าลอย ซึ่งอนุภาคของเถ้าขี้เลื่อยไม้ยางพารามีขนาด 48.85 ไมครอน ซึ่งใหญ่กว่าเถ้าลอยประมาณ 10 เท่า เถ้าขี้เลื่อยไม้ยางพารามีลักษณะทั้งเม็ดเหลี่ยมและเหลี่ยมมุม มีทั้งพื้นผิวขรุขระมีรูพรุนอยู่ และมีบางอนุภาคเป็นแผ่นวางซ้อนหนาติดกัน ซึ่งจากลักษณะดังกล่าวจึงมีความดูดซึมน้ำได้มาก และพื้นที่บางส่วนบดบังการทำปฏิกิริยาทำให้การทำปฏิกิริยาได้ไม่ทั่วถึง

จรูญ อ้างถึงใน สราวุธ เทศศิริ (2550). ได้กล่าวว่า ลักษณะของเถ้าขี้เลื่อยไม้ยางพารา มีอนุภาคหยาบกว่าเมื่อเทียบกับอนุภาคของปูนซีเมนต์ ลักษณะของเถ้าขี้เลื่อยไม้ยางพารา เป็นรูปร่างไม่แน่นอนมีขนาดแตกต่างกัน มีลักษณะเป็นเหลี่ยมๆ มนๆ ปะปนเป็นจำนวนมาก ลักษณะคล้ายวัตถุที่มีรูพรุนการกระจายตัวของอนุภาคลักษณะของเถ้าขี้เลื่อยไม้ยางพาราอยู่ในเกณฑ์สูง ขนาดของอนุภาคแตกต่างกันมากโดยมีอนุภาคเล็กที่สุดเท่ากับ 0.375 ไมครอน และมีขนาดใหญ่สุดเท่ากับ 717.80 ไมครอน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 52.91 ไมครอน ในขณะที่ปูนซีเมนต์มีอนุภาคเฉลี่ยเท่ากับ 21.30 ไมครอน

2. องค์ประกอบทางเคมี

องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าขี้เลื่อยไม้ยางพารา ประกอบด้วยแคลเซียมออกไซด์ (CaO) ประมาณร้อยละ 40-55 โดยน้ำหนัก มีแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) ประมาณร้อยละ 10-20 โดยน้ำหนัก และมีโพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O) ประมาณร้อยละ 18-26 โดยน้ำหนัก

จรูญ เจริญเนตรกุล (2547) ได้กล่าวว่า ปริมาณแคลเซียมออกไซด์เทียบเท่า (CaO Equivalent) ในวัสดุประสานมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความสามารถในการรับแรงอัดของมอร์ต้าร์ที่ผสมวัสดุปอซโซลาน กล่าวคือ มอร์ต้าร์ที่ผสมวัสดุปอซโซลานในอัตราแทนที่ที่เท่ากัน กำลังอัดมอร์ต้าร์ที่ผสมวัสดุปอซโซลานที่มีปริมาณแคลเซียมออกไซด์ (CaO) มากกว่าจะมีความสามารถรับกำลังอัดได้มากด้วย

สราวุธ เทศศิริ (2550) คุณสมบัติทางเคมีของเถ้าขี้เลื่อยไม้ยางพารา พบว่ามีปริมาณของ SiO2, Al2O3, Fe2O3 และCaO เท่ากับร้อยละ 15.14, 1.06, 0.56 และ 32.34 ตามลำดับ

ตารางที่5 องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าขี้เลื่อยไม้ยางพารา

องค์ประกอบทางเคมี (%)	เถ้าขี้เลื่อยไม้ยางพารา
SiO_2	15.14
Al_2O_3	1.06
Fe_2O_3	0.56
CaO	32.34
K_2O	19.05
SO_3	3.29
LOI	2.64

6.8.4 การบ่มคอนกรีต

การบ่มหรือการบำรุงคอนกรีต (Curing) เป็นการควบคุมและป้องกันมิให้น้ำที่เหลือจากการทำปฏิกิริยากับซีเมนต์ ระเหยออกมาจากคอนกรีตที่เทลงบนแบบหล่อและแข็งตัวเร็วเกินไป เพื่อให้คอนกรีตมีคุณสมบัติในการรับแรงและความทนทานตามความต้องการ หลังจากเทคอนกรีตและทิ้งไว้จนผิวหน้าคอนกรีตหมาดแข็งปราศจากรอยแล้วจะต้องทำการบ่มทันทีด้วยวิธีที่ถูกต้อง โดยปกคลุมผิวมิให้ถูกแดดหรือลมร้อน และมิให้ถูกรบกวนหรือสะเทือน โดยเฉพาะภายในระยะ 24 ชั่วโมงแรก ทั้งนี้ให้ได้คอนกรีตที่มีคุณภาพดีและมีคุณสมบัติตามที่ต้องการ อีกทั้งเป็นการป้องกันการสูญเสียน้ำจากคอนกรีตที่เทใหม่ๆ มิฉะนั้นคอนกรีตจะเกิดการหดตัวเร็ว ทำให้เกิดแรงตึงผิวที่กำลังจะแห้ง เป็นผลให้เกิดรอยร้าวที่ผิวคอนกรีต ช่วงระยะเวลาที่ป้องกันและรักษาความชื้นนี้ไว้ภายหลังจากเทคอนกรีตลงแบบหล่อแล้ว เรียกว่าระยะเวลาของการบ่มคอนกรีต กำลังของคอนกรีตจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตราบเท่าที่ยังมีความชื้นให้ซีเมนต์ทำปฏิกิริยากับน้ำได้ต่อไปอีก กำลังของคอนกรีตจะเพิ่มสูงขึ้นรวดเร็วในระยะแรก และจะค่อยๆ ช้าลงในเวลาต่อมา ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความชื้นและอุณหภูมิที่พอเหมาะ 15-39 องศาเซลเซียส ดังนั้นควรบ่มชื้นติดต่อกันอย่างน้อย 7-14 วัน

6.8.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับอิฐบล็อก

ชื่อวิจัย	ผลการศึกษา	แหล่งที่มา
การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัสดุผสมสำหรับคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าว	ผลการทดสอบพบว่า อัตราที่ดีที่สุดได้แก่ สูตรที่ 8 คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ร้อยละ25 ทรายร้อยละ52.50 เส้นใยมะพร้าวร้อยละ22.50 ของมวลรวม และใช้น้ำร้อยละ15 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ โดยอยู่ในเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ± 2 มิลลิเมตร ความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย 5 ก้อน มีค่า 2.65 เมกะพาสคัล การดูดซึมน้ำร้อยละ14	ศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง อุปวิทย์ สุวคันธกุล และสุดใจ เหง้าสีไพร (2550)
การศึกษาคอนกรีตมวลเบาผสมเถ้าแกลบเสริมแผ่นยางธรรมชาติ	จากการทดสอบพบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมคือ อัตราส่วน (ปูนซีเมนต์: ทราย: น้ำ: แกลบ) เท่ากับ 1: 0.5: 1: 1.83 ที่อายุ 28 วัน มีค่าความต้านทานแรงอัด, ความหนาแน่น, การดูดซึมน้ำ, และการเปลี่ยนแปลงความยาวที่ผ่านมาตรฐาน มอก.58-2530 เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ความต้านทานแรงอัดมีค่าใกล้เคียงกับมาตรฐาน มอก.58-2530	ประชุม คำพุฒ และกิตติพงษ์ สวีโร (2553)
การศึกษาปริมาณขี้เลื่อยของไม้ยางพาราที่มีผลต่อความแข็งของคอนกรีตบล็อกมวลเบา	จากการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐาน คือ ความหนาแน่น และค่าความทนแรงอัด พบว่า การเพิ่มปริมาณขี้เลื่อยไม้ยางพาราเป็นส่วนผสมสามารถลดความหนาแน่น และความทนแรงอัด โดยค่าทั้งสองจะมีค่าลดลง เมื่อเพิ่มปริมาณของขี้เลื่อยไม้ยางพาราและพบว่าอัตราส่วนคอนกรีตบล็อกมวลเบาจากขี้	ปิติ พานิชายุนนท์ และคณะ (2555)

	เลื่อยของไม้ยางพาราที่ดีที่สุดคือ 10: 5: 8: 10 ซึ่งมีความหนาแน่น 1489 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีค่าแรงกด 36.76 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งมีค่าแรงกดสูงกว่ามาตรฐาน มอก. 58-2530 ที่กำหนดไว้ ที่ 20 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร	
การพัฒนาคอนกรีตบล็อกมวลเบาจากฟางข้าว	จากผลการทดสอบพบว่า การเพิ่มฟางข้าวเป็นส่วนผสมสามารถลดน้ำหนักและความหนาแน่นของตัวอย่างได้ ซึ่งอัตราส่วนโดยปริมาตรของ ดิน: ทราย: ซีเมนต์: ฟาง ที่ให้สมบัติของบล็อกดีที่สุดคือ 10: 5: 8: 8 มีความหนาแน่น 1591 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีค่าแรงกด 37.56 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และมีการดูดซับน้ำ 19.84 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่มีฟางข้าว พบว่าน้ำหนักและความหนาแน่นลดลงอย่างเห็นได้ชัด คือ 29.38 เปอร์เซ็นต์ และ47.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ	ปิติ พานิชายุนนท์ และคณะ อ้างถึงในประชุม คำพุฒ (2553)
การใช้เถ้าขยะชีวมวลในการพัฒนานวัตกรรมผนังคอนกรีตมวลเบาเพื่อเป็นฉนวนกันความร้อนสำหรับอาคาร	จากการศึกษาพบว่า อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุดของก้อนตัวอย่างจากเถ้าแกลบและชานอ้อยที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ โดยผ่านมาตรฐานของการทดสอบต่างๆ คือ 30: 15: 35 (ปูนซีเมนต์: ทราย: เถ้าแกลบ) และ 20: 15: 65 (ปูนซีเมนต์: ทราย: เถ้าชานอ้อย) จากการทำการทดสอบเปรียบเทียบระหว่าง คอนกรีตบล็อกจากเถ้าแกลบ	เกียรติชัย ทองแก้ว จันทร์ อ้างถึงในประชุม คำพุฒ (2553)

	และคอนกรีตบล็อกจากเถ้าชานอ้อย พบว่า คอนกรีตบล็อกจากเถ้าชานอ้อยรับแรงอัดได้ดีกว่า คอนกรีตบล็อกจากเถ้าแกลบ และเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกจากเถ้าชานอ้อยมีเปอร์เซ็นต์การดูซึมน้ำน้อยกว่าคอนกรีตบล็อกจากเถ้าแกลบ	
พฤติกรรมทางกลของคอนกรีตผสมเถ้าแกลบละเอียด	จากผลการทดสอบพบว่าเถ้าแกลบละเอียดมีการทำปฏิกิริยาปอซโซลานิกสูงและสามารถใช้เป็นวัสดุซีเมนต์ในคอนกรีตได้ ค่าการยุบตัวของคอนกรีตผสมเถ้าแกลบละเอียดน้อยกว่าคอนกรีตธรรมดา แต่สูงกว่าคอนกรีตผสมเถ้าแกลบละเอียดขนาดอนุภาค 44 ไมโครเมตร สำหรับส่วนผสมเดียวกัน พบว่า หน่วยน้ำหนักในสภาพสดของคอนกรีตผสมเถ้าแกลบละเอียดลดลงเมื่ออัตราการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าแกลบ นอกจากนี้กำลังรับแรงอัดที่อายุ 28 วัน ขึ้นไปของคอนกรีตผสมเถ้าแกลบละเอียดสูงกว่าคอนกรีตธรรมดา	บุรฉัตร ฉัตรวีระ และวัชรากร วงศ์คำจันทร์ (2544)
การแทนที่เถ้าขี้เลื่อยในปูนซีเมนต์เพื่อเป็นส่วนผสมของคอนกรีต	พบว่า การแทนที่ในอัตราส่วนร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก มีค่ากำลังอัดใกล้เคียงกับคอนกรีตควบคุม และยิ่งมีกำลังลดต่ำลงเมื่อมีการแทนที่มากขึ้น แต่คอนกรีตที่ผสมเถ้าขี้เลื่อยไม้จะช่วยเพิ่มความทนทานต่อซัลเฟต และลดอัตราการซึมผ่านของน้ำอีกด้วย	Elinwa and Mahmood. (2001)

6.9 วิธีการวิจัย

6.9.1 พื้นที่ศึกษา

6.9.1.1 แหล่งที่มาของวัสดุ

เถ้าแกลบได้รับความอนุเคราะห์จากโรงสีข้าวของ นายพิชิต แก้วศิริ สถานที่ตั้ง 74 ม.4 ต.คลองหลา อ.คลองหอยโข่ง จ.สงขลา

ขี้เลื่อยได้รับความอนุเคราะห์จาก อ.จิระพงศ์ สุขจันทร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

6.9.1.2 การทำอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก

ได้รับความอนุเคราะห์จาก ร้าน พี.เอส. (โคกเมา) 32/7 หมู่ 7 ถ. ลพบุรี-ราเมศวร์ ต. ท่าช้าง อ.บางกล่ำ จ. สงขลา 90110

6.9.1.3 การทดสอบประสิทธิภาพ

ศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

6.9.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

6.9.1.1 วัสดุอุปกรณ์การทำอิฐ

1. ทราย หมายถึง ทรายก่อสร้างทั่วไป
2. น้ำ หมายถึง น้ำสะอาดสามารถที่ใช้ดื่มได้
3. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่1 จำนวน 9 กระสอบ
4. เถ้าแกลบ
5. เถ้าขี้เลื่อย

6.9.2.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ทดสอบ

1. เครื่องชั่งน้ำหนัก ทศนิยม 2 ตำแหน่ง
2. ตู้อบ
3. ผ้าซับน้ำ
4. อ่างน้ำ

5. เครื่องผสมคอนกรีต

6. เครื่องอัดบล็อก

6.9.3 การกำหนดอัตราส่วนผสมอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อย

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเรื่องอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก จึงนำมาพัฒนาโดยใช้เถ้าแกลบกับขี้เลื่อย ตามอัตราส่วนของ ประชุม คำพุฒ (2553) ที่ได้ศึกษาอัตราส่วนผสมของเถ้าแกลบ ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสม คือ อัตราส่วน ปูนซีเมนต์: ทราย: น้ำ: แกลบ (1: 0.5: 1: 1.83) ดังแสดงรายละเอียดใน (ตารางที่ 6)

ตารางที่6 อัตราส่วนสำหรับอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยในสัดส่วน ปูนซีเมนต์: ทราย: น้ำ: (แกลบ: ขี้เลื่อย) เท่ากับ 1: 0.5: 1: (1.83) ที่ใช้ในการทดลอง

ชุดทดลอง	อัตราส่วนระหว่างเถ้าแกลบกับขี้เลื่อย (1.83)	ปริมาณที่ใช้ในการทดลอง [1] (กิโลกรัม)				
		ปูนซีเมนต์	ทราย	น้ำ	เถ้าแกลบ	ขี้เลื่อย
1	1.83: 0.00	30	15	30	54.90	0
2	1.37: 0.46	30	15	30	41.175	13.725
3	0.915: 0.915	30	15	30	27.45	27.45
4	0.46: 1.37	30	15	30	13.725	41.175
5	0.00: 1.83	30	15	30	0	54.90

หมายเหตุ

อิฐบล็อก 1 ก้อน หนัก 7 กิโลกรัม [1] ปริมาณผสมอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อย ข้างต้นมีปริมาณโดยรวม 130 กิโลกรัม จะผลิตอิฐได้ประมาณ 18 ก้อน ต่อ 1 การทดลอง

6.9.4 วิธีการผสมและการขึ้นรูปอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อย

1. การเตรียมเถ้าแกลบกับขี้เลื่อย

1.1 นำเถ้าแกลบที่ได้มาอบที่อุณหภูมิ 105 ^{0}C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อไล่ความชื้น จากนั้นทำการบดเถ้าแกลบ

1.2 นำเถ้าขี้เลื่อยที่ได้มาอบที่อุณหภูมิ 105 ^{0}C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อไล่ความชื้น จากนั้นทำการบดเถ้าขี้เลื่อย

1.3 นำเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยไปร่อนด้วยตะแกรงเบอร์100 ชั่งน้ำหนักวัสดุที่บดแล้วตามที่ใช้ทดลอง

2. เตรียมส่วนผสมตามอัตราส่วนที่กำหนดในตารางที่ 6 (ยกเว้นน้ำ) ใส่ลงในเครื่องผสมคอนกรีตแล้วผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน

3. ใส่น้ำที่เตรียมไว้ลงไปในเครื่องผสมคอนกรีต การใส่น้ำควรใส่น้ำลงไปทีละนิด โดยทำการหยุดเครื่องผสม ทำการเคาะ เถ้าแกลบ เถ้าขี้เลื่อย ทราย และปูนซีเมนต์ ที่เกาะตามข้างเครื่องผสมคอนกรีตออกบ่อยๆ เติมน้ำจนครบ จากนั้นทำการหมุนเครื่องผสมคอนกรีตเป็นเวลา 7-10 นาที

4. นำส่วนผสมที่ผสมจนเข้ากันดีแล้วไปอัดในเครื่องอัดบล็อก แต่ละก้อนใส่ส่วนผสมให้เท่าๆ กัน จึงทำการอัดอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อย

5. ก่อนที่จะใส่ส่วนผสมลงในเครื่องอัดบล็อกควรทาน้ำมันก่อน เพื่อไม่ให้ส่วนผสมติดกับเครื่องอัดอิฐบล็อก และป้องกันการสึกหรอของเครื่องอัดอิฐบล็อก

6. เมื่อทำการอัดเสร็จแล้วให้ยกอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยที่ได้ออกจากเครื่องอัดอิฐบล็อก และนำไปวางให้เป็นระเบียบเรียบร้อย (แต่ละชุดการทดลองทำซ้ำ 3 ครั้ง)

7. นำอิฐที่ได้จากข้อ 6 มาทำการบ่มโดยปกคลุมผิวมิให้ถูกแดดหรือลมร้อน และมิให้ถูกรบกวนหรือสะเทือน เพื่อให้คอนกรีตมีคุณสมบัติในการรับแรงและความทนทานตามความต้องการ ห้ามนำอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยไปตากแดด เนื่องจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่นที่เกิดขึ้นจะไม่สมบูรณ์ และมีผลต่อกำลังอัดของอิฐบล็อก หลังจากนั้นเมื่ออายุครบ 14 วัน ก็นำอิฐบล็อกไปทำการทดสอบประสิทธิภาพ

6.9.5 ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพ

6.9.5.1 ขั้นตอนการทดสอบกำลังต้านแรงอัด

การทดสอบหาค่ากำลังต้านแรงอัดโดยการกดชิ้นทดสอบในด้านยาวของชิ้นทดสอบจนได้แรงอัดสูงสุด เมื่อชิ้นทดสอบแตกหัก นำมาหาค่ากำลังต้านแรงอัดซึ่งมีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร โดยกำหนดอายุวันที่ทดสอบ 14 วัน มา 5 ก้อน มีขั้นตอนดังนี้

1. วัดขนาดอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยเป็นมิลลิเมตร (กว้าง x ยาว x หนา) แล้วชั่งน้ำหนักโดยอ่านค่าละเอียดถึง 0.5 กรัม

2. นำเข้าเครื่องทดสอบเพื่อหาค่ากำลังต้านแรงอัด โดยใช้อัตราการเพิ่มแรงอัดประมาณ 100 กก./ตร.ซม. จนกระทั่งอิฐพังทลายแล้วบันทึกค่าแรงอัดสูงสุด (ประชุม คำพุฒ 2553)

3. คำนวณค่ากำลังต้านทานแรงอัดโดยสูตรที่ใช้คำนวณ คือ

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

เมื่อ σ = กำลังต้านทานแรงอัด (กก./ตร.ซม.)

P = แรงกดที่ทำให้ชิ้นส่วนเกิดการวิบัติ (กก.)

A = พื้นที่รับแรงอัด (ตร.ซม.)

6.9.5.2 ขั้นตอนการทดสอบการดูดกลืนน้ำ

การทดสอบหาค่าการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อย ทำโดยชักตัวอย่างอิฐบล็อกแห้งที่มีอายุ 14 วัน มา 5 ก้อน (เป็นไปตามการชักตัวอย่าง มอก.109) โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

1. นำอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยที่เตรียมไว้ทดสอบมาวัดขนาด (กว้าง x ยาว x หนา) ของก้อนตัวอย่าง

2. นำอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยที่ทำการทดสอบไปแช่ให้จมอยู่ในน้ำ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำอิฐบล็อกขึ้นมา ทิ้งไว้ให้ระบายน้ำออกเป็นเวลา 1 นาที ใช้ผ้าซับหยดน้ำบนผิวอิฐบล็อกที่มองเห็นด้วยตาเปล่าที่ละก้อน แล้วทำการชั่งน้ำหนักทันที จดบันทึกค่าน้ำหนักอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยที่ดูดซึมน้ำ

3. หลังจากการอิ่มน้ำ ทำอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยให้แห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 110 ถึง 115 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลา 24 ชั่วโมง แล้วปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง 2 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนักทีละก้อน โดยอ่านค่าละเอียดถึง 0.1 กรัม จดบันทึกค่าน้ำหนักอิฐบล็อกแห้ง (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.109)

4. ทำการคำนวณหาค่าการดูดกลืนน้ำตามสูตรดังนี้

$$\text{การดูดกลืนน้ำ กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร} = \frac{A-B}{A-C} \times 1000$$

$$\text{การดูดกลืนน้ำ ร้อยละ} = \frac{A-B}{B} \times 100$$

เมื่อ A = น้ำหนักอิฐบล็อกเมื่อเปียก เป็นกิโลกรัม

B = น้ำหนักอิฐบล็อกเมื่อแห้ง

C = น้ำหนักอิฐบล็อกเมื่อเปียก เป็นกิโลกรัม

5. ทำการคำนวณหาปริมาณความชื้นตามสูตรดังนี้

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{A - B}{C - B} \times 100$$

เมื่อ A = น้ำหนักอิฐบล็อกเมื่อเปียก เป็นกิโลกรัม

B = น้ำหนักอิฐบล็อกเมื่อแห้ง

C = น้ำหนักอิฐบล็อกเมื่อเปียก เป็นกิโลกรัม

6.9.5.3 ขั้นตอนการทดสอบความชื้นและอัตราการเปลี่ยนแปลงความยาว

การทดสอบอัตราการเปลี่ยนแปลงความยาวของอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อย ทำโดยชักตัวอย่างคอนกรีตบล็อกที่แห้งที่มีอายุ 14 วัน มา 5 ก้อน (เป็นไปตามการชักตัวอย่าง มอก.109) โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

1. นำอิฐบล็อกที่ทำการทดลองที่เตรียมไว้ทดสอบวัดขนาด (กว้าง x ยาว x หนา) ของก้อนตัวอย่าง

2. นำอิฐบล็อกที่ทำการทดลองเข้าตู้อบโดยใช้เวลาในการอบ 24 ชั่วโมง จากนั้นทิ้งให้เย็น แล้วชั่งมวลและวัดความยาวของชิ้นทดสอบถือเป็นมวลในสภาพแห้งทีละก้อน คำนวณหาค่ามวลที่ปริมาณความชื้นร้อยละ40

3. นำอิฐบล็อกที่ทำการทดลองไปแช่ในน้ำโดยผิวบนของชิ้นทดสอบอยู่ต่ำกว่าผิวน้ำ 3 เซนติเมตร เป็นเวลา 3 วัน

4. เก็บรักษาที่ห้องหรือภาชนะปิด ชั่งมวลและวัดความยาวทุกวัน จนมวลของชิ้นทดสอบมีค่าต่ำกว่ามวลที่มีปริมาณความชื้นร้อยละ 40 ซึ่งคำนวณได้จากข้อ 2

5. วัดความยาวและชั่งมวลของอิฐบล็อกทุก 3 วัน จนความยาวเข้าสู่สภาพสมดุล โดยอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยต้องมีการเปลี่ยนแปลงความยาวน้อยกว่าร้อยละ 0.003 ต่อ 3 วัน

6. รายงานผลปริมาณการเปลี่ยนแปลงความยาวของอิฐบล็อกแต่ละค่า (ประชุม คำพุฒ, 2553)

7. คำนวณหาค่าเฉลี่ยอิฐบล็อกแต่ละอัตราส่วนผสม

$$\text{เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความยาว} = \frac{L_1 - L_2}{L_1} \times 100$$

เมื่อ L1 คือ ความยาวของชิ้นทดสอบในการวัดครั้งแรก (มิลลิเมตร)

L2 คือ ความยาวของชิ้นทดสอบเมื่อเข้าสู่สภาพสมดุล (มิลลิเมตร)

6.9.5.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

1. การวิเคราะห์ข้อมูลสถิติแบบพรรณนา อาทิ เช่น $\overline{X}$, SD เป็นต้น
2. วิเคราะห์โดยใช้มาตรฐาน มอก.58-2533

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

6.10 เอกสารอ้างอิง

บุรฉัตร ฉัตรวีระ ทวิสัณห์ คงทรัพย์. (2545). **ความทนทานของคอนกรีตผสมเถ้าแกลบดำจากโรงสีข้าว.** วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ. 25: 4 หน้า 373-389

บุรฉัตร ฉัตรวีระ, วัชรากร วงศ์คำจันทร์. (2544). **พฤติกรรมทางกลของคอนกรีตผสมเถ้าแกลบละเอียด.** วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ. 24: 3 หน้า 327-342

พงศ์พัน วรสุนทโรสก. (2521). **วัสดุก่อสร้าง.** ซีเอ็ดยูเคชั่นจำกัด: กรุงเทพ หน้า 87

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก **ผลิตภัณฑ์จากขี้เลื่อย** http://app.tisi.go.th/otop/pdf_file/tcps236_47.pdf. วันที่สืบค้น 10/04/2555

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก **วิธีการชักตัวอย่างและการทดสอบวัสดุงานก่อซึ่งทำด้วยคอนกรีต มอก.109** http://www2.dede.go.th/tis54/fulltext/TIS109-2517.pdf วันที่สืบค้น 03/04/2555

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.58-2533 (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก **คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก**http://www2.dede.go.th/tis54/fulltext/TIS109-2517.pdf วันที่สืบค้น 03/04/2555

วินิต ช่อวิเชียร. (2539). **คอนกรีตเทคโนโลยี.** พิมพ์ครั้งที่8 ป. สัมพันธ์พาณิชย์: กรุงเทพ หน้า 56

ศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง อุปวิทย์ สุวคันธกุล และสุดใจ เหง้าสีไพร. (2550). **การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัสดุผสม สำหรับคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าว.** วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา หน้า 77-87

สมปอง สง่าแสง. (2534). **คอนกรีตเสริมเหล็กทฤษฎีหน่วยแรงใช้งานวัสดุก่อสร้าง.** กรุงเทพฯ : การศาสนา หน้า 21

สราวุธ เทศศิริ. (2550). **การศึกษาคุณสมบัติของมอร์ต้าร์ผสมเถ้าลอย และเถ้าขี้เลื่อยไม้ยางพารา.** ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ หน้า 16

6.11 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ

กิจกรรมการดำเนินงาน	เดือน															
	มิ.ย.				ก.ค.				ส.ค.				ก.ย.			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. ศึกษาเอกสารและรวบรวมข้อมูล	←	—	—	→												
2. สำรวจพื้นที่และวางแผนดำเนินงาน	←	—	—	→												
3. เขียนเค้าโครงงานวิจัย	←	—	—	→												
4. ดำเนินงานวิจัย				←	—	—	—	—	—	—	—	→				
5. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย										←	—	—	→			
6. จัดทำรายงานการวิจัย								←	—	—	—	—	—	—	—	→

6.12 งบประมาณค่าใช้จ่ายตลอดโครงการ

6.12.1 ค่าตอบแทน

ค่ายานพาหนะ	500	บาท

6.12.2 ค่าใช้สอย

ค่าถ่ายเอกสาร	800	บาท
ค่าพิมพ์รายงาน เข้าเล่ม เย็บปก	2,000	บาท

6.12.3 ค่าวัสดุ

ค่าวัสดุวิจัย	3,500	บาท
ค่าวัสดุทางวิทยาศาสตร์	2,500	บาท
รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด	**9,300**	**บาท**

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร SAKONNAKHON RAJABHAT UNIVERSITY

ภาคผนวก ค

ประวัติผู้ทำวิจัย

1. ชื่อ-สกุล นายวิจิตร พรมสุวรรณ

   วัน เดือน ปีเกิด 17 ธันวาคม 2530

   ที่อยู่ 121 หมู่ที่ 7 ตำบลคลองหลา อำเภอคลองหอยโข่ง จังหวัดสงขลา 90230

   การศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

   โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

   มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

2. ชื่อ-สกุล นางสาววาซินีย์ หลำเบ็นสะ

   วัน เดือน ปีเกิด 3 มกราคม 2531

   ที่อยู่ 17 หมู่ที่ 2 ตำบลควนลัง อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110

   การศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

   โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

   มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY